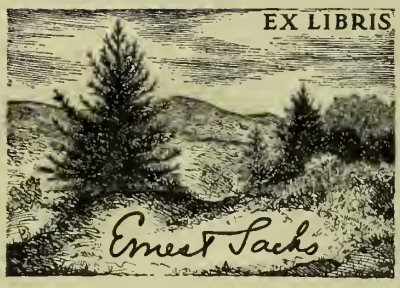


22900239446

Med
K33828

UNTERSUCHUNGEN

ÜBER DIE

TEMPERATUR DES GEHIRNS

VON

DR. HANS BERGER

a. o. PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT JENA

MIT 12 FIGUREN UND 17 KURVEN IM TEXT

JENA
VERLAG VON GUSTAV FISCHER
1910

Alle Rechte vorbehalten.

WELLCOME INSTITUTE LIBRARY
Coll wellOmec
Call No.

Herrn Geheimen Medizinalrat

Professor Th. Ziehen

gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2016

https://archive.org/details/b28075523

Vorwort.

Die in den folgenden Blättern mitgeteilten Versuche und Beobachtungen sind in verhältnismäßig kurzer Zeit ausgeführt worden dank der freundlichen Mithilfe zahlreicher Kollegen. Herr Oberarzt Dr. FRIEDEL hat die Mehrzahl der im folgenden zu erwähnenden Hirnpunktionen vorgenommen und die Herren DDr. BAUMGARTEN, BOLGAR, HELLBACH, NITSCH, PAULY, RIETH, SEIGE, SCHÜTZ und SMIDT haben in liebenswürdigster Weise bei den Versuchen und Beobachtungen assistiert. Herr Geh. Rat RIEDEL hatte die große Freundlichkeit, mir durch sein Entgegenkommen einige interessante Beobachtungen zu ermöglichen und Herrn Geh. Rat BINSWANGER verdanke ich die Erlaubnis zur Veröffentlichung der im folgenden mitzuteilenden kurzen Auszüge aus den Krankengeschichten. Endlich sind noch zwei Herren, Physiker, zu nennen: Herr Professor BÖTTCHER, der Direktor der Präzisionstechnischen Anstalten in Ilmenau, welcher durch die Konstruktion geeigneter Thermometer und die Überwachung deren Anfertigung, diese Untersuchungen erst ermöglichte, und Herr Professor STRAUBEL in Jena, welcher die Freundlichkeit hatte, die im IV. Teil dieser Arbeit mitzuteilenden Berechnungen durchzusehen. Allen diesen vielen Herren, welche durch ihre Mithilfe die Durchführung der Untersuchungen möglich machten, möchte ich auch an dieser Stelle meinen wärmsten Dank aussprechen. Während also die Versuche und Beobachtungen in verhältnismäßig kurzer Zeit angestellt wurden — es liegt aber immerhin mehr als ein Jahr zwischen den ersten Vorversuchen am Tier und dem jetzigen Abschluß der Untersuchungen, — so bauen sich jedoch die, an dieselben anschließenden, allgemeinen Betrachtungen auf ein mehrere Jahre umfassendes Studium dieser Vorgänge auf und bringen die Anschauungen zum Ausdruck, zu denen ich mich erst ganz allmählig durchgerungen habe.

Neuses, den 22. Oktober 1909.

Der Verfasser.

Inhalt.

Seite

I. Einleitung 1

II. Eigene Untersuchungen 12

a) Versuche am Schimpanse 12

b) Beobachtungen am Menschen 38

III. Zusammenstellung und Besprechung der Befunde 69

IV. Allgemeine Ergebnisse 91

I.

Einleitung.

In den folgenden Blättern beabsichtige ich über Temperaturmessungen im Gehirn, namentlich über solche im menschlichen Großhirn zu berichten. Es ist selbstverständlich, daß sich nur selten die Gelegenheit für die Vornahme solcher, das größte wissenschaftliche Interesse beanspruchender Untersuchungen darbietet. Offene Schädelwunden, bei denen der Knochen an umschriebener Stelle zertrümmert ist, gestatten nur dann, wenn die Dura mater mitverletzt ist, eine Temperaturmessung im Subduralraume. Bei diesen, auch die Dura mitbetreffenden Verletzungen ist aber natürlich die an der Stelle der möglichen Messung vorliegende Hirnsubstanz keine normale, sehr häufig ist sie gleichfalls zertrümmert, oder wenigstens mit feinen Blutungen und Gefäßzerreißungen durchsetzt, ganz abgesehen von den, auch bei scheinbar normaler Gehirnoberfläche gefundenen mikroskopischen Veränderungen, welche wir als die anatomische Grundlage bleibender Veränderungen nach einem solchen schweren Gehirntrauma ansehen müssen. Schon nach kurzer Zeit setzen an dieser Läsionsstelle reaktive Veränderungen ein und eine Temperaturmessung an oder vielmehr über dieser pathologisch veränderten Gehirnpartie hat kaum einen wissenschaftlichen Wert. Ebenso werden bei Operationen durch die breite Eröffnung der Schädelhöhle wenigstens in den ersten Tagen nach derselben, in der allein solche Messungen vorgenommen werden könnten, solche lokale Veränderungen geschaffen, daß die selbst subdural vorgenommenen Messungen nicht einwandfrei sind, ganz abgesehen von der großen Infektionsgefahr für die einige Tage vorher gesetzte Wunde und der durch die eingreifende Schädeloperation notwendig bedingten geistigen Müdigkeit und Unlust. Es blieben also nur noch solche Fälle übrig, bei denen, sei es durch eine tuberkulöse, syphilitische oder, wie ich auch in einem Falle gesehen habe, durch eine karzinomatöse Erkrankung der Schädelknochen perforiert wurde und die Dura frei liegt. Aber gerade die notwendige Eröffnung der Dura gehört glücklicherweise, dank der frühzeitigen Inanspruchnahme der ärztlichen Hilfe, wie

sie in Deutschland immer mehr üblich geworden ist, zu den größten Seltenheiten, so daß ich keinen derartigen Fall zu Gesicht bekommen habe. Ich glaube aber auch gerade bei diesen Fällen ist die Infektionsgefahr durch Einführung der selbst sorgfältigst sterilisierten Instrumente in den Subduralraum, der wie wir wissen eine geeignete Brutstätte für Bakterien darstellt, eine so große, daß sich niemand so leicht dieser Verantwortung wird aussetzen wollen.

Es bot sich seit einigen Jahren eine andere und in jeder Weise weniger bedenkliche Möglichkeit intrakranielle Temperaturmessungen auszuführen. Von NEISSER und POLLACK [1]) ist die Hirnpunktion in die Diagnostik der Herderkrankungen des Gehirns eingeführt worden und im Anschluß an diesen, im betreffenden Falle aus diagnostischen Gründen notwendigen Eingriff könnten unbedenklich die Messungen stattfinden, es handelte sich nur darum, in dem feinen Punktionskanal geeignete Instrumente einzuführen. Als solche konnten thermoelektrische Nadeln oder auch äußerst feine Quecksilberthermometer verwendet werden, und ich habe in den folgenden Untersuchungen letzteren den Vorzug gegeben namentlich auf MOSSOs Autorität gestützt und auch, um mit diesem Forscher vergleichbare Werte zu erzielen, hoffe jedoch in einiger Zeit auch über die Ergebnisse thermoelektrischer Messungen berichten zu können. Ich kann mich daher bezüglich der älteren, in Tierexperimenten vorgenommenen thermoelektrischen Messungen der Gehirntemperatur hier auf den Hinweis auf die ausführliche Zusammenstellung der Resultate in SOURYS bekanntem Werke [2]), wo sie im zweiten Bande unter dem Titel „Thémometrie cérébrale" auf S. 1262 ff. mitgeteilt sind, beschränken. Dagegen muß ich auf MOSSOs klassisches Werk „Über die Temperatur des Gehirns", welches im Jahre 1894 erschienen ist [3]) und dessen Anregung die folgenden Untersuchungen, welche ohne die von MOSSO geschaffene physiologische Grundlage vollständig unmöglich wären, ihren Ursprung verdanken, ausführlich eingehen. Denn so weit mir bekannt, sind es außer der unten zu erwähnenden wichtigen Mitteilung von CAVAZZANI die einzigen geblieben, welche feine Quecksilberthermometer zur Messung der Gehirntemperatur verwandten.

MOSSO hat seinen Untersuchungen ein großes Beobachtungsmaterial zugrunde gelegt, er hat an 90 Hunden, ferner einige Male an Affen und an zwei Menschen Temperaturmessungen des Gehirns angestellt.

Er mußte zur Einführung seiner Gehirnthermometer in den Tierexperimenten eine ziemlich eingreifende Operation vornehmen, die Tiere wurden narkotisiert, in die Trepanationsstelle wurde ein Stahlzylinder eingeschraubt und die Thermometer selbst, welche oft durch beide Hemisphären hindurchgestoßen

1) NEISSER und POLLACK, Die Hirnpunktion. Mitteilungen aus den Grenzgebieten der Medizin und Chirurgie, 1904, Bd. XIII.

2) SOURY, Système nerveux central. Paris 1899.

3) ANGELO MOSSO, Die Temperatur des Gehirns. Leipzig 1899.

wurden, hatten einen erheblichen Durchmesser des Quecksilbergefäßes von 4 resp. auch 6 mm. Bedenkt man, daß zu seinen Tierexperimenten vorwiegend Hunde verwendet wurden und fast alle mitgeteilten Kurven an Hunden gewonnen sind, so wird man sich der auch von SOURY geäußerten Bedenken nicht ganz entschlagen können, daß diese etwas grobe Methode bei der Kleinheit des Hundegehirns schwere Nebenverletzungen, die sich keineswegs makroskopisch erkennen zu geben brauchen, setzen mußten. Wir werden wohl später nochmal Gelegenheit haben auf diesen Punkt kurz einzugehen. In einer Reihe von Fällen wurden außerdem noch Thermometer in die Vena jugularis eingesetzt und in allen Fällen waren die Tiere gefesselt resp. auf ein Operationsbrett befestigt. Ich glaube nämlich hier schon auf alle diese Nebenumstände, welche jedoch bei der beabsichtigten und später zu besprechenden Feststellung der Einwirkung psychischer Vorgänge auf die Gehirntemperatur von weittragendster Bedeutung sind, hinweisen zu müssen. Die wichtigste, namentlich für unsere späteren Untersuchungen in Betracht kommende Feststellung bei den rein physiologischen Experimenten MOSSOs ist namentlich die Beobachtung der Unabhängigkeit der Gehirntemperatur von der Bluttemperatur. MOSSO weist wiederholt, z. B. Seite 32 seines Werkes, darauf hin, daß die geringe Menge des Blutes, welche im Gehirn zirkuliere, nicht imstande sei, das große Gehirn zu erwärmen. Bei einer Lungenentzündung eines der Versuchshunde findet er die Temperatur des Blutes um 0,10° höher als diejenige des Gehirns und nach Ausführung der Tracheotomie sinkt die Bluttemperatur rasch ab, so daß die Gehirntemperatur nunmehr um 0,90°, also fast um einen ganzen Grad höher ist als die Bluttemperatur (S. 34). Im Gehirn finden also, wie MOSSO mit Recht daraus schließt, thermische Prozesse statt, welche imstande sind das Gehirn beträchtlich zu erwärmen. Ein weiterer Beweis für diese Tatsache ergibt sich daraus, daß eine Aufhebung der Blutzirkulation im Gehirn eine erhebliche Temperatursteigerung dieses Organes, offenbar infolge der abnormen Ernährungsbedingungen des Zentralnervensystems hervorruft (S. 99). Ich selbst habe bei Hunden unter Gehirnanämie intrazerebrale Temperatursteigerungen bis zu 2° gesehen. Nach Feststellung der Einwirkung der Abkühlung, der mechanischen Reizung und des Fiebers hat MOSSO auch die Einwirkung von induzierten Strömen auf die Temperatur des Hundegehirns untersucht. Er fand, daß bei elektrischer Reizung des Gehirns eine Temperaturzunahme desselben um 0,1° erfolgt, während Rektum und Blut eine solche Temperatursteigerung nicht aufzuweisen haben. (S. 34 und 35.) Auch beim Affen konnte er eine leichte Temperaturzunahme der Rinde nach elektrischer Reizung derselben 4 mal bis zu einem maximalen Zuwachs von 0,14° feststellen. (S. 47.) Diese Erwärmung des Gehirns ist keine Folge der Bluterwärmung (S. 53) und tritt auch bei Tieren mit durchschnittenem Rückenmark auf, so daß ein dritter klarer Beweis für die Selbständigkeit der thermischen

Prozesse im Gehirn mit diesen Versuchen erbracht ist (S. 56). Von großem Interesse ist auch die Versuchsreihe Mossos, welche sich mit der Temperatur des Gehirns bei experimentell erzeugten epileptischen Anfällen der Hunde befaßt. Er fand beim Hunde im epileptischen Anfall eine Temperaturzunahme um 0,30 °, ein erneuter auf diesen folgender Anfall brachte eine weitere Steigerung um im ganzen 0,58 ° (S. 59). Es ließ sich auch da zeigen, daß die thermischen Prozesse im Gehirn von der Muskelkontraktion unabhängig sind; unter der paralysierenden Wirkung des Curare leiden weniger die thermischen Prozesse im Gehirn als diejenigen in den anderen Teilen des Körpers. (S. 70.) Jedoch konnte er auch andererseits feststellen, daß starke Konvulsionen ohne Wärmeentwicklung im Gehirn ablaufen können. (S. 27.) Eine große Reihe von Nervengiften hat Mosso in ihrer Wirkung auf die Gehirntemperatur beim Hunde untersucht. Wir wollen hier auf die Einzelheiten nicht eingehen und nur darauf hinweisen, daß Kokain eine beträchtliche Temperaturzunahme des Gehirns um 0,20 ° in 10 Minuten bedingt, ohne daß im Mastdarm oder im Blute eine entsprechende Zunahme feststellbar wäre. (S. 73.) Ich selbst konnte beobachten, daß eine subkutane Injektion von Kokain beim Menschen eine deutliche Kontraktion der Gehirngefäße hervorruft[1]), so daß auch hier ein Parallelgehen der pialen Gefäßveränderungen und der Temperaturverschiebungen, auf das wir auch noch später zurückkommen müssen, keineswegs vorliegt. Ich möchte hier mehr aus psychiatrischen Gründen auf die von Mosso festgestellte Wirkung des Kokains auf die Gehirntemperatur hinweisen, welche ebenso wie dies in den klinischen Erscheinungen zutage tritt eine die kortikalen Prozesse steigernde ist. Hunde, denen man subkutan Kokain verabreicht, beginnen nach kurzer Zeit zu halluzinieren, Nun habe ich beobachtet und schon früher erwähnt[2]), daß Kokaininjektionen auf Kranke, namentlich katatonische, welche sich in einem mit Mutismus einhergehenden Stuporzustande befinden, eine diesen Zustand vorübergehend lösende Wirkung ausüben. Ich habe vor vielen Jahren, gelegentlich eines kleinen unter Kokainanästhesie auszuführenden operativen Eingriffs beobachtet, daß eine Monate lang mutistische Kranke zu sprechen begann. Gestützt auf diese Beobachtung habe ich eine ganze Reihe von Kontrollversuchen ausgeführt und immer wieder gefunden, daß in der Mehrzahl der Fälle der Stupor unter der Kokainwirkung schwindet und die Kranken vorübergehend Auskunft geben. Selbstverständlich ist die Aufhebung des Stupors nur eine vorübergehende und besitzt diese Beobachtung ein mehr theoretisches Interesse, indem sie ein gewisses Licht auf die kortikalen Prozesse im Stupor zu werfen imstande ist. Dieselben scheinen eben in ihrer Intensität wesentlich herabgesetzt und erst unter der verstärkenden Kokainwirkung

1) H. Berger, Zur Lehre von der Blutzirkulation in der Schädelhöhle des Menschen. Jena 1901, S. 67.

2) H. Berger, l. c. S. 67 und Vorwort.

können sie die Stärke erlangen, welche für die erfolgreiche Auslösung von Sprechbewegungen notwendig ist. Ich glaube, daß diese zufällige Beobachtung im Verein mit den Feststellungen Mossos viel eher geeignet ist uns über den Stuporzustand aufzuklären, als die unbegründete Annahme Reichardts[1]), der in einem Vortrage ausführte, daß man mit der Möglichkeit rechnen müsse, daß die Veränderungen in der Hirnmaterie, welche zum Stupor führen, derartige seien, daß sie mit einem Gerinnungsvorgang einhergehen oder zu einem solchen führen können. Für unsere späteren Beobachtungen sind ferner die Feststellungen Mossos über die Wirkung des Chloroforms auf die Gehirntemperatur von großer Bedeutung. Er fand, daß in dem Reizstadium der Chloroformwirkung eine Erwärmung des Gehirns eintritt und daß ferner beim Erwachen aus der Narkose eine Zunahme der Gehirntemperatur stattfindet, welche 2—3 Minuten vor dem Erwachen der Tiere einzusetzen beginnt (S. 42). Auch in anderen Versuchen tritt die Temperatursteigerung im Reizstadium der Chloroformwirkung deutlich zutage (S. 76 und 78) und ist die beträchtliche Temperaturzunahme um 0,50° in 10 Minuten beobachtet (S. 161). Im Gegensatz zu der oben erwähnten in drei Fällen festgestellten Zunahme der Gehirntemperatur beim Erwachen aus der Narkose ist in diesem Falle die Wiederkehr des Bewußtseins von einer merklichen Wärmeentwicklung im Gehirn nicht begleitet. Eine gewisse praktische Bedeutung dürften auch die Beobachtungen Mossos über die Wirkung des Opiums, das doch in der Therapie mancher Angstzustände eine hervorragende Rolle spielt, besitzen. Er teilt eine Gehirnkurve des Hundes, dem Opium (Laudanum) injiziert wurde, mit, aus derselben geht unzweifelhaft hervor, daß unter der Opiumwirkung im Beginne derselben und auch während des künstlich durch dasselbe erzeugten Schlafes im Gehirn eine stärkere Wärmeentwicklung stattfindet als in den anderen Teilen des Körpers (S. 182). In anderen Versuchen wird die Einwirkung des Alkohols, des Atropins, des Strychnins, des Kaffees und des Absynthöles immer an der Hand vorzüglich gelungener Experimente dargelegt, aus denen sämtlich die Unabhängigkeit der Gehirntemperatur von der Bluttemperatur und das Vorhandensein eigener im Zentralnervensystem unter der erregenden Wirkung dieser Nervengifte sich abspielender thermischer Prozesse, welche das eingeführte Thermometer zur Anschauung bringt, unzweifelhaft hervorgeht.

Gehen wir nun auf die für uns vor allem wichtigen Veränderungen der Gehirntemperatur bei psychischen und motorischen Vorgängen ein, wie sie Mosso zunächst in seinen Tierexperimenten feststellen konnte. Schon bei anderen, nicht besonders zu diesem Zwecke unternommenen Experimenten beobachtete er, daß eine psychische Erregung beim Hunde, wie sie durch die Versetzung des ge-

1) Reichardt, Über die Hirnmaterie. Monatsschrift für Psychiatrie u. Neurologie, Bd. XXIV, Heft 4, S. 285 ff.

fesselten Tieres in ein warmes Bad zum Studium der Wärmeausstrahlung ausgelöst wurde, eine Temperatursteigerung um fast 0,2° bedingte, allerdings bei gleichzeitigem Anstieg der Rektaltemperatur (S. 19). Ebenso konnte Mosso bei den Versuchen über die die epileptischen Anfälle begleitenden Temperaturveränderungen im Gehirn beobachten, daß eine schmerzhafte elektrische Reizung desselben, bei der das Tier heulte, eine Temperaturzunahme von 0,02° begleitete (S. 58). Bei den Versuchen über die Wirkung der Anämie und Asphyxie auf die Gehirntemperatur fand Mosso, daß ein Schmerzreiz die bestehende Abkühlung des Gehirns aufhielt (S. 106). Bei einem anderen Versuche, bei dem auch ein Thermometer in die Jugularis eingeführt war, konnte eine Temperaturzunahme des Gehirns beim Schreien des Tieres festgestellt werden, ebenso bewirkte Drücken der Zehen der hinteren Extremitäten eine noch nach 15 Minuten nachweisbare Steigerung der Gehirntemperatur (S. 117). In der Croonian Lecture hat Mosso ferner mitgeteilt, daß er als die höchste Temperatursteigerung, welche er beim Hunde auf rein psychische Reize hin beobachtet habe, die Zunahme um 0,01° beim Rufen des Namens des Tieres feststellen konnte[1]).

Diesen positiven Ergebnissen steht eine Reihe negativer Befunde gegenüber. So erwies sich Pfeifen in unmittelbarer Nähe der Ohrmuscheln und Schreien mit einem Sprachrohr in das Ohr des Tieres als ohne jeden Einfluß auf die Gehirntemperatur (S. 37). Das Tier war vorher chloroformiert gewesen zur Ausführung der Trepanation und dem Einschrauben des Stahlzylinders und ferner durchdrang der umfangreiche Thermometer die vorderen Teile beider Hemisphären. Außerdem war auch die Karotis freipräpariert und ein Thermometer in dieselbe eingelegt worden und endlich fand sich bei der Sektion eine bei diesen Experimenten schon bestehende Peritonitis, die auch bei den Experimenten selbst durch fortwährendes Erbrechen des Tieres sich geltend machte. Daß alle diese Nebenumstände die Vornahme feiner psychophysiologischer Untersuchungen unmöglich machen, bedarf wohl kaum eines Wortes.

Ein anderer Versuch mit negativem Ergebnis ist folgender: Bei einem Hunde konnte durch Anwendung von Schmerzreizen, wie festes Zusammendrücken der Beine des Tieres, beim Kneipen mit einer Zange und der Anwendung eines starken faradischen Stromes, eine Temperaturzunahme im Gehirn nicht erzielt werden (S. 110 ff). Auch in diesem Falle war Schreien in die Ohren des Tieres ohne Einfluß auf die Gehirntemperatur. Betrachten wir aber auch hier die begleitenden Nebenumstände dieses Experimentes etwas genauer, so war natürlich auch dieses Tier chloroformiert worden, das durch den in die Schädelknochen eingeschraubte Stahltubus eingeführte Thermometer hatte die ganze linke Hemisphäre durchdrungen, es ging durch das linke Corpus striatum in den Seiten-

1) Zitiert nach J. Soury, Système nerveux central. Paris 1899, Tome II. p. 1275.

ventrikel und gelangte in die Nähe des Chiasma nervi optici. Natürlich hatte diese schwere Hirnläsion Blutungen hervorgerufen, die jedoch als verhältnismäßig gering bezeichnet werden. Ferner war bei dem Tier die Vena jugularis und die Karotis präpariert, in beide Gefäße waren Thermometer eingeführt, ebenso wie in das Rektum. Natürlich mußte ein so mit 4 Thermometern und 3 Wunden versehenes Tier auf einem Operationsbrett gefesselt, den oben angegebenen Schmerzreizen unterworfen werden. Im Verlauf des Versuches selbst wurde noch eine Tracheotomie hinzugefügt, und auch nach derselben die Beobachtungen über die Einwirkung psychischer Reize fortgesetzt, natürlich mit negativem Erfolge.

Für unsere Beobachtungen ist ferner wichtig, daß Mosso bei willkürlichen Bewegungen, auch wenn das Thermometer in unmittelbarer Berührung mit der motorischen Region des Tieres lag, nicht imstande war, eine Temperaturerhöhung um mehr als 0,001 ° festzustellen. (S. 118.) Auch eine vorsichtige elektrische Reizung der motorischen Region mit nachfolgenden Kontraktionen auf der gegenüberliegenden Seite vermochten nicht, die Temperatur des in der Nähe liegenden Thermometers zu erhöhen.

Mosso hatte in zwei Fällen Gelegenheit die Gehirntemperatur beim Menschen zu beobachten. Bei einem zweijährigen idiotischen Kinde konnte er nach einer umschriebenen Trepanation über dem oberen Teile der motorischen Region ein Thermometer in den Subduralraum einlegen in unmittelbarer Berührung mit der intakten Oberfläche der natürlich von Arachnoidea und Pia bedeckten Gehirnwindungen. Er fand dabei, daß 3 Minuten nach dem Aufhören der Chloroformwirkung die Gehirntemperatur in 4 Minuten um 0,11 ° und zwar vor dem Erwachen des Kindes zunahm. Lebhafte Bewegungen des Kindes hatten keinen Einfluß auf die Temperatur der vorliegenden motorischen Region desselben. (S. 115.) Ein von Mosso ebenfalls angeführter Fall, in dem er über der Haut einer Gehirnnarbe Messungen ausführte, kann wohl hier unberücksichtigt bleiben, da solche Beobachtungen nicht einwandfrei sind.

Die wichtigsten Messungen hat Mosso an der 12jährigen Delpina Parodi ausgeführt, welche einen großen tuberkulösen Knochendefekt in der rechten Temporalgegend darbot. Da die Dura perforiert war, konnte ein Thermometer in den Subduralraum eingeführt werden. Aus dem Subduralraum floß bei der Einführung einer Sonde etwas Zerebrospinalflüssigkeit ab. Mosso konnte, ohne daß das Mädchen es merkte, 8 cm tief mit einer Sonde in senkrechter Richtung in den Schädel eindringen und führte sein Thermometer 5 cm tief ein, er nimmt an, daß das Thermometer in die Fossa Sylvii eindrang, eine Ansicht, der ich mich trotz Giacominis Autorität nicht anschließen kann. Denn es gelingt keineswegs, wie ich mich immer wieder zu überzeugen Gelegenheit hatte, von der aus der Photographie (S. 122, Fig. 35) ersichtlichen Gegend aus, ja überhaupt bei einem normalen Gehirn nach Eröffnung der Dura in die Fossa Sylvii im

eigentlichen Sinne zu gelangen. Die Arachnoidea zieht fest über die Abgangsstelle der Fossa Silvii hinweg und gestattet nur dann, wenn sie gewaltsam lädiert wird, ein Eindringen in die Fossa Sylvii, wie dies ja auch von den Sektionen her, wo es sich um die Verfolgung des Verlaufes der Arteria fossa Sylvii handelt, bekannt ist. Also lag entweder in Mossos Falle auch eine Läsion der Arachnoidea vor, was aber nach der ganzen Sachlage unwahrscheinlich ist oder vielmehr lag Mossos Thermometer nicht in der eigentlichen Fossa Sylvii, sondern in dem Winkel zwischen Frontal- und Temperallappen mit der hinteren und oberen Fläche die dort gelegenen Gehirnpartien berührend, mit der vorderen und zum Teil auch unteren Fläche der basalen Dura aufliegend. Man kann dies natürlich auch bis zu gewissem Maße als ein Liegen des Thermometers an der Fossa Sylvii bezeichnen. Zwischen Gehirn und Thermometer befand sich auf alle Fälle noch die Pia, wenn eine Läsion der Arachnoidea vorgelegen und das Thermometer in den Subduralraum eingedrungen sein sollte, was ich aber auf Grund von Beobachtungen an der Leiche bestreiten möchte. Wahrscheinlicher ist die Lage an der Gehirnbasis, so daß Pia und Arachnoidea die anliegenden Gehirnwindungen bedeckten. Sicherlich lagen aber infolge des großen Knochendefektes und der offenen Wunde nicht ganz normale Verhältnisse vor. Bei diesem Kinde konnte Mosso zunächst feststellen, daß die im Tierexperiment beobachtete temperatursteigende Wirkung des Chloroforms im Reizstadium nicht nachweisbar war und daß ebenso die sowohl im Tierexperiment als auch bei dem idiotischen Kinde beobachtete Temperaturzunahme vor dem Erwachen aus der Narkose fehlte (S. 157). Die im Wachzustand angestellten Experimente ergaben, daß das Erzählen ihrer Krankengeschichte, das Aufeinanderpressen des Kiefers und das Zusammenpressen der Hände ohne Einfluß auf die Gehirntempemperatur des Mädchens sich erwiesen (S. 125ff.). Die von Mosso gemachte Annahme, daß sein Thermometer in nächster Umgebung vielleicht in Berührung mit den Zentren der artikulierten Sprache gelegen habe, können wir deshalb nicht teilen, da nach den klinischen Erfahrungen die Zentren vorwiegend in der linken Hemisphäre sich befinden und die Schädelwunde der Parodi nur ein Eindringen in den Subduralraum der rechten Hemisphäre gestattete und nirgends angegeben ist, daß die Parodi linkshändig gewesen sei. Auch Furchterregung dadurch, daß man von der bevorstehenden Operation sprach und längeres Zählen der Patientin wirkte nicht auf die Gehirntemperatur ein, dagegen bedingte eine Androhung der Chloroformierung eine sofortige Temperatursteigerung im Gehirn von 0,01° in einer Minute mit nachfolgendem Abfall (S. 127). Eine zweite Beobachtung im Wachzustand wurde angestellt, als die Patientin an einer leichten Angina litt. Auch in diesem Falle konnte durch 30 Sekunden lang fortgesetztes Sprechen oder durch Pressen der Hände Mossos eine Temperaturzunahme im Gehirn nicht beobachtet werden, allerdings war gleich im Beginne des Versuches eine be-

trächtliche Temperatursteigerung des Gehirnes aufgetreten und hielt sich die Gehirntemperatur ständig in der Nähe von 38,3°. Eine fernere, für uns sehr wichtige Beobachtung enthält der Beginn des schon eben mitgeteilten Versuchs der Feststellung der Chloroformwirkung. Obwohl die Gehirntemperatur infolge des Verbringens des Mädchens in den Operationssaal und die dadurch bedingte psychische Erregung abnorm hoch war, so stieg bei Beginn der Chloroformwirkung, der sie sich lebhaft widersetzte, die Gehirntemperatur sofort um 0,04° in 1 Minute an (S. 156 und Fig. 45). Auf die Beobachtungen im Schlafe will ich nicht ausführlicher eingehen, da mir zum Vergleich geeignete Feststellungen vollständig fehlen und ich will nur darauf hinweisen, daß Hundegebell, während die Patientin schläft, in 15 Minuten eine Temperaturzunahme des Gehirns um 0,10° bedingte (S. 132) und daß ebenso die Gehirntemperatur anstieg, als das Kind sich im Schlafe kratzte und einige unverständliche Worte sprach (S. 176). Das Erwachen aus dem Schlaf war dagegen nicht von einer wesentlichen Zunahme der Gehirntemperatur begleitet. Wir können damit die Betrachtung der Beobachtungen Mossos an Menschen, welche doch ganz beachtenswerte positive Ergebnisse gezeitigt haben, abschließen und müssen nur noch etwas näher auf die begleitenden Umstände, unter denen die Versuche angestellt wurden, eingehen. Ich glaube, daß der Versuch mit dem Chloroform nur deshalb ein so von den Erwartungen Mossos, von den vorangehenden Beobachtungen an Hunden und der Feststellung bei dem idiotischen Kinde abweichendes Ergebnis lieferte, da das Kind durch die Verbringung in den Operationssaal und die Erwartung der bevorstehenden Operation in eine solche psychische Erregung geraten war, daß die mit derselben einhergehende Temperatursteigerung die doch immerhin ziemlich geringe exzitierende Wirkung des Chloroforms und auch den dem Erwachen vorangehenden Temperaturanstieg vollständig überdeckte. Es liegt hier — um mit Mosso zu sprechen — eine Beobachtung vor, bei der die Vorgänge, deren Feststellung beabsichtigt wurde, durch andere maskiert wurden. Auch bei den anderen Versuchen befand sich die Parodi zweifellos in einer gewissen psychischen Erregung, ich glaube aber nicht, daß die geringere dadurch bedingte, im Beginn der beiden Kurven auf S. 125 und S. 128 sehr schön zum Ausdruck kommende Temperatursteigerung des Gehirnes die schönen Ergebnisse wesentlich zu modifizieren imstande war. Daß auch einfache Sinnesreize die zerebrale Temperatur bei Fortfall aller Nebeneinwirkungen zu modifizieren imstande sind, geht aus der Beobachtung der Einwirkung des Hundebellens im Schlafe hervor. Seine allgemeinen Anschauungen über die Vorgänge im Gehirne, welche zu Temperatursteigerungen in diesem Organe führen können, faßt Moso dahin zusammen, daß er zwei Prozesse unterscheidet, und zwar erstens einen nutritiven oder trophischen Vorgang und zweitens einen funktionellen Prozeß. Er bezeichnet die ersteren Vorgänge, d. h. jene Erscheinungen thermischer Aktivität, welche

im Gehirn beobachtet werden können und nicht den Perioden der motorischen oder psychischen Aktivität entsprechen, als organische Konflagrationen. Diese Konflagrationen können nicht jeder Zeit beobachtet werden und können oft stundenlang fehlen (S. 91). Sie sind der thermische Ausdruck metabolischer Erscheinungen und finden auf Kosten der chemischen Energie des Gehirns statt. Mosso weist ferner daraufhin, daß trotz Änderung des Tonus der Pialgefäße und der Blutzirkulation im Gehirne die Temperatur des Gehirnes unverändert bleiben kann. Seine Auffassung über die Einwirkung psychischer Vorgänge auf die Gehirntemperatur präzisiert er (auf S. 178) dahin, daß die psychischen Prozesse für sich allein keine nennenswerte Steigerung der Temperatur des Gehirnes hervorzurufen vermögen, wie schon Soury bei Besprechung dieser Stelle hervorhebt, handelt es sich eben um die Frage, was man in diesem Falle als nennenswert bezeichnen will. Sicher ist ja, daß ihr Einfluß gegenüber der Einwirkung von Medikamenten usw. ein geringer ist, jedoch werden wir auf diese Frage später bei Besprechung der eigenen Untersuchungen zurückkommen müssen.

Es liegt in der Literatur noch eine weitere Beobachtung über die Gehirntemperaturen des Menschen vor und zwar wurde diese Beobachtung von Cavazzani[1]) angestellt, er fand allerdings auf der Dura mater, bei einem Defekt des Knochens in der rechten Temporo-Occipitalregion während geistiger Arbeit eine Temperaturzunahme von 0,2° mit nachfolgendem Absinken nach Beendigung der Arbeit, leider enthalten die mir zugänglichen Veröffentlichungen keine Zeitangaben.

Die Beobachtungen Mossos über die Einwirkung psychophysiologischer Vorgänge im Tierexperiment scheinen mir, so wertvoll auch seine rein physiologischen Experimente sind, ungenügend; die Nebenumstände, auf die schon oben hingewiesen wurde, sind für die Verfolgung so feiner und wie aus den Beobachtungen am Menschen hervorgeht, so wenig in die Augen fallender Veränderungen ungünstig. Vor allem scheinen mir die Läsionen des Gehirnes selbst zu schwere. Mossos Thermometer besaßen einen Durchmesser von 4 und 6 mm, also eine Querschnittsfläche von 12,5 resp. 28 qmm, die bei den kleinen Dimensionen eines Hundegehirnes namentlich auch bei der tiefen Einführung, oft durch zwei Hemisphären hindurch, oder bis an die Basis des Gehirnes, wohl imstande ist, eine Unmasse von Projektions- und Assoziationsbahnen zu zerstören. Es war klar, daß bei einer Wiederaufnahme derartiger Untersuchungen wesentlich vorsichtiger in dieser Richtung vorgegangen werden mußte und bei meinen Vorversuchen an Hunden hatte ich bereits viel feinere Quecksilberthermometer, deren Gefäß nur 1,5 mm Durchmesser und 2,4 qmm Querschnittsfläche besaß, verwendet. Die Querschnittsflächen dieser Thermometer verhalten sich also zu denen der

1) E. Cavazzani, Quelques recherches sur le pouls cérébral et sur la température de la dure-mère découverte dans un cas de caries des os craniens. Archiv italien. de Biologie XVIII, 1893, p. 328.

Mossoschen wie 1 : 5 resp. 1 : 12, jedoch bedingte die Länge des Quecksilbergefäßes bei den kleinen Dimensionen des Hundegehirnes, die Länge derselben war 30 mm, daß auch die Gefäßspitze z. B. bei senkrechter Einführung in die Nähe der basalen Ganglien oder in den Ventrikel usw. gelangten, worauf auch Mosso meiner Ansicht nach nicht die gebührende Rücksicht genommen hat. Ohne die Thermometer, die nun einmal statt der mir von verschiedenen Seiten angeratenen thermoelektrischen Nadeln verwendet werden sollten, ungebührlich zu verkürzen und somit die Gradlänge zu verkleinern, war es nur so möglich vorzugehen, daß man Versuchstiere mit möglichst großen Gehirnen verwendete und da waren natürlich die menschenähnlichen Affen die gegebenen. Bei dem später zu erwähnenden Schimpanse konnten unbedenklich nur 1,5 mm im Durchmesser haltende und 30 mm lange Quecksilbergefäße an den später angegebenen Stellen eingeführt werden, ohne daß man mit den Ventrikeln oder gar mit den basalen Ganglien in Kollision kam. Ferner konnten, wie aus der Beobachtung des Tieres nach jeweiligen Punktionen und auch aus der späteren Sektion hervorging, Nebenverletzungen mit Sicherheit ausgeschlossen werden. Berücksichtigt man, daß sich die Oberfläche des Schimpansengehirnes zu dem eines Hundes mindestens wie 1 : 10 verhält, so würden die Querschnittsflächen der von Mosso benutzten Thermometer zu den der von mir benutzten unter Berücksichtigung der relativen Größe der punktierten Gehirne im Verhältnis von 50 : 1 resp. 120 : 1 stehen und dementsprechend werden auch bei einem vorsichtigen Vorgehen die gesetzten Nebenläsionen, die auch für die eine Hemisphäre von mir mikroskopisch verfolgt wurden, zu beurteilen sein. Ich glaube, es ist nicht überflüssig, schon hier mit allem Nachdruck auf diese keineswegs als Nebenumstände zu behandelnden Tatsachen hinzuweisen, da sonst der eine oder andere die in folgenden mitzuteilenden Versuche überhaupt für überflüssig halten könnte, eben unter Hinweis auf Mossos schöne Untersuchungen, deren Bedeutung in physiologischer Beziehung ich voll und ganz anerkenne.

II.

Eigene Untersuchungen.

a) Versuche am Schimpanse.

Ich habe zunächst einige Versuche an Hunden in Äther- und Chloroformnarkose angestellt, um mich über die Brauchbarkeit der Thermometer, ihre Lage in der Schädelhöhle, die Operationsmethode und die Nebenverletzungen zu orientieren. Die Tiere wurden nach den Versuchen durch große Gaben des Narkotikums getötet, das Gehirn herausgenommen, in Formol gehärtet und dann in Schnitte zerlegt. Von den Punktionsstellen wurden Stückchen entnommen und auf Längs- und Querschnitten unter Anwendung der Hämatoxylin-Eosin- und der Thioninfärbung untersucht. In einigen Fällen wurde das Töten des operierten Tieres erst einige Zeit nach der Messung vorgenommen, um festzustellen, ob etwa fortschreitende Veränderungen an der Punktionsstelle nachweisbar seien. In allen Fällen wurden nur genau der Punktionsstelle entsprechende Veränderungen an den mikroskopischen Präparaten festgestellt und nur in den Fällen, in welchem ein längerer oder kürzerer Zeitraum zwischen Punktion und dem Tod des Tieres verflossen war, fand sich ein, einige Bruchteile eines Millimeters breiter Ring von veränderter Gewebssubstanz um den Punktionskanal herum. Die Temperaturmessungen selbst wurden lediglich zur Übung, zum Erproben der zu verwendenden Lupen usw. angestellt. Es wurde dabei auch beobachtet, daß kleine seitliche Verschiebungen der eingeführten Thermometer keine Temperaturveränderungen um mehr als $0{,}01^{0}$ veranlassen, da die Enge des Knochenbohrloches bei einigermaßen kompaktem Schädeldach nur äußerst geringe seitliche Abweichungen zuläßt.

Bei diesen Vorversuchen hatte sich also ergeben, daß die Methode der Hirnpunktion sich sehr wohl für unsere Zwecke eignet und daß wesentliche Nebenverletzungen durch die Einführung der Gehirnthermometer nicht gesetzt werden, jedenfalls nicht solche, welche über diejenigen der einfachen Punktion ohne Thermometereinführung hinausgingen.

Da Mosso die Mehrzahl seiner Versuche an Hunden angestellt und nur einzelne Beobachtungen, wie er mitteilt[1]) an Affen vorgenommen hat, ohne jedoch anzugeben, welche Affenart er benutzte, beschloß ich, nachdem ich bereits einige Messungen der Gehirntemperatur beim Menschen vorgenommen hatte, die menschenähnlichen Affen zu solchen Versuchen zu verwenden. Am geeignetsten und am leichtesten zu erhalten war ein Schimpanse, den ich von einem Händler in einem 3jährigen schönen, eben eingeführten, männlichen Exemplar beziehen konnte. Das Tier war intelligent und kannte sehr bald die einzelnen Personen, welche sich mit demselben abgaben. Nachdem er sich nach einigen Wochen eingewöhnt hatte, gut fraß und in jeder Weise ein gesundes Verhalten darbot, wurde zur Vornahme der beabsichtigten Temperaturmessungen im Gehirn geschritten. Zur Verwendung für die Messung der Gehirntemperatur kamen genau den Bohrlöchern angepaßte, von dem glastechnischen Institut von Haack in Jena angefertigte Thermometer. Die Länge des Quecksilbergefäßes dieser Thermometer betrug 30 mm, der Durchmesser desselben 1,5 mm. Jenseits des Gefäßes wurde nach oben zu der Thermometer etwas breiter und trug eine von 35^0—45^0 reichende, in $^1/_{10}{}^0$ geteilte Skala. Die Gradlänge betrug nur 6 mm. Gleich bei der ersten Messung zeigte sich jedoch, daß diese Skala nicht ausreichen werde und ich ließ Thermometer anfertigen, welche die Grade von 30^0—40^0 umfaßten. Das Rektalthermometer resp. die Rektalthermometer, da verschiedene bei den Versuchen infolge der Unruhe des Tieres zerbrachen, besaßen eine Gefäßlänge von 20 mm bei einem Durchmesser von 4 mm, die Einteilung reichte von 35^0–45^0 (in $^1/_{10}{}^0$ eingeteilt) und die Gradlängen betrugen 13 mm. Da es darauf ankam $^1/_{100}{}^0$ noch sicher abzulesen, so mußten Lupen verwendet werden; dieselben wurden aus der optischen Werkstätte von Carl Zeiss-Jena bezogen, meist kamen Lupen mit 6—8facher Vergrößerung, nur selten solche mit 20facher Vergrößerung zur Verwendung. Ferner war bereits durch den Schliff der im oberen Teil dreikantigen Thermometer für eine beträchtliche Vergrößerung des äußerst feinen Quecksilberfadens Sorge getragen. Bei der späteren Besprechung der für die Beobachtungen am Menschen verwendeten Thermometer werde ich noch auf einige Punkte über die in diesem Falle der Technik vorgeschriebenen Grenzen eingehen. Um die Beobachtungen im Tierversuch mit denjenigen beim Menschem möglichst gleichartig zu gestalten und so Resultate zu erzielen, welche Vergleiche gestatten, mußte natürlich von dem Einschrauben von Stahlhülsen in das Schädeldach, wie es Mosso getan hat, unter allen Umständen abgesehen werden. Da, wie dies Mosso selbst gezeigt hat, alle Narkotika zweifellos auf die Vorgänge in der Rinde und somit auch auf die Gehirntemperatur einwirken, so war bei diesen Versuchen, welche die Temperatur des Gehirnes ohne diese künstlichen Beein-

1) Mosso, Temperatur des Gehirnes. Leipzig 1894, S. 47 u. S. 118.

flussungen festzustellen beabsichtigten, die Art des Vorgehens ohne weiteres vorgezeichnet.

Man konnte entweder ohne jedes Narkotikum vorgehen oder, um dem Tier die nötigen Schmerzen zu ersparen Lokalanästhesie anwenden. Von den verschiedenen lokalanästhetischen Methoden schien die Anwendung von Äthylchlorid bei weitem die empfehlenswerteste, nur mußte natürlich genügend lange Zeit zwischen der Anwendung dieses die Haut gefrierenden Mittels und dem Beginn der Messungen liegen. Nachdem die Operationsstelle am Schädel ausgewählt, die Gegend in Talergröße rasiert und in der beim Menschen üblichen Weise mit Seife, Alkohol und Sublimatlösung gereinigt worden war, wurde durch den Äthylchloridspray die Anästhesie erzeugt. Ein elektrisch angetriebener Bohrer gestattete in wenigen Sekunden Haut und Knochen an der beabsichtigten Stelle zu durchbohren. Durch das Bohrloch wurde die von PFEIFFER [1]) angegebene Platin-Iridiumnadel eingeführt, die Dura, welche ziemlich fest war, durchstoßen und die Nadel etwa 3 cm tief in das Gehirn vorgeschoben. Die Nadel blieb an dieser Stelle einige Zeit lang liegen, inzwischen wurde das ständig in 1 $^0/_{00}$ Sublimatlösung aufgehobene Gehirnthermometer wiederholt mit frisch bereiteter und sterilisierter physiologischer Kochsalzlösung abgespült. Nach Entfernung der Punktionsnadel wurde in den Stichkanal das Thermometer so weit eingeführt, bis der konisch zulaufende Teil jenseits des ganz im Schädelinnern gelagerten Quecksilbergefäßes fest auf dem Knochenbohrloch aufsaß. Die Ablesung begann unter Verwendung der Lupen 10 Minuten nach der beendigten Einführung und wurde stets von einem Arzte besorgt, dem während dieser Zeit andere Pflichten nicht oblagen. Das Rektalthermometer, welches ca. 5 cm tief in das Rektum bis zu einer durch einen durchbohrten Korkpfropfen, der über das Thermometer geschoben war, markierten Stelle eingeführt wurde, wurde gleichfalls unter Verwendung von Lupen von einem eigens damit beauftragtem Arzte abgelesen. Die Ablesungen erfolgten alle 1—2 Minuten und nur ausnahmsweise in kürzeren Zwischenräumen. Die Zeiten der Ablesungen wurden von einem dritten Herrn, welcher eine genau gehende Uhr vor sich hatte und der die ihm von den ablesenden Kollegen laut zugerufenen Zahlen in ein vorbereitetes Schema eintrug, angegeben. Bei den Versuchen, welche unter streng aseptischen Kautelen vorgenommen wurden, waren dann außer mir meist noch weitere 1—2 Ärzte zugegen. Der Affe wurde meist von einer Schwester, die das Tier auch sonst fütterte und pflegte, und einem Diener gehalten. Nach Beendigung der Versuche wurden die Thermometer herausgezogen und die leicht geschwollene Punktionsstelle der Haut nach Abreiben mit Äther mit einem Pflasterverband versehen. Obwohl alle, außer einem Versuch, am Tage

1) B. PFEIFFER, Über explorative Hirnpunktionen nach Schädelbohrung zur Diagnose von Hirntumoren. Archiv für Psychiatrie, Bd. XLII, Heft II und Jahrbücher für Psychiatrie und Neurologie, 1907, Bd. XXVIII.

in einem gut beleuchteten Zimmer vorgenommen wurden, so wurde doch öfters die Feststellung der Lage des Quecksilberfadens durch die Beleuchtung mit elektrischen Taschenlampen wesentlich erleichtert und so die Lupenablesung ermöglicht. Natürlich war vor den Versuchen alles in leicht zugänglicher Weise zurecht gestellt worden, daß alle zur Verwendung kommenden Reize sofort zur Hand waren. Es wurden im ganzen 8 Versuche angestellt und der Schimpanse nach dem letzten Versuch getötet, um die bei den Operationen getroffenen Rindenstellen zu bestimmen.

I. Versuch am 1. Juli 1909.

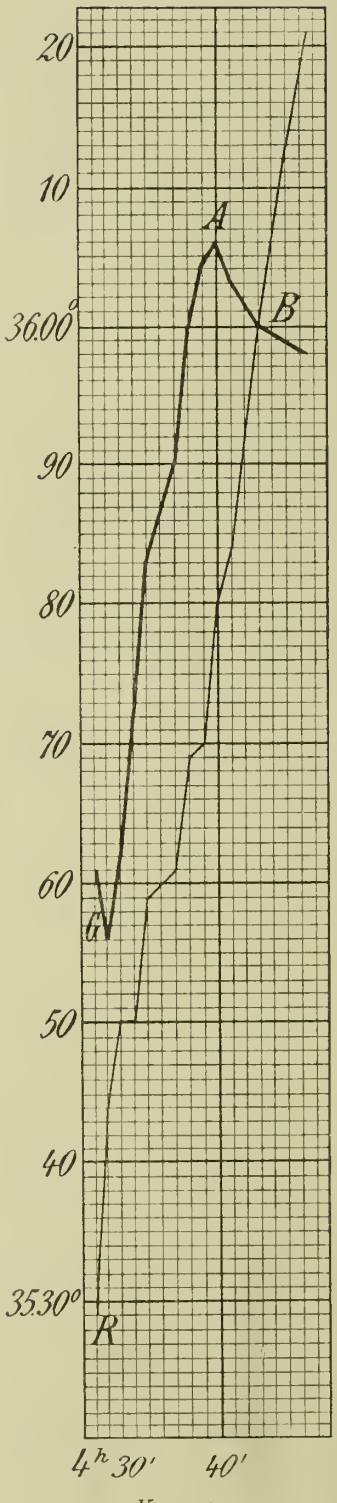
Nachmittags 4 Uhr wurde unter Beteiligung von 5 Ärzten der psychiatrischen Klinik unter Äthylchlorid die erste Punktion über dem linken Stirnhirn ausgeführt. Das Thermometer drang, wie die spätere Sektion ergeben hat, in die zweite linke Stirnwindung ein, indem es die Rinde derselben durchbohrte und noch über 2 cm tief in das Marklager eindrang.

Das Tier war anfangs auffallend ruhig, 4 Uhr 19 Minuten lag das Gehirnthermometer, 4 Uhr 21 Minuten das Rektalthermometer an der gewünschten Stelle. Der ganz ungefesselte Affe wurde mit den Händen gehalten.

4 Uhr 31 Minuten begannen die Ablesungen, welche in einer Tabelle zusammengestellt sind und deren Verlauf umstehende Kurve veranschaulicht. Die Ordinateneinteilung der Kurven entspricht für jeden Querstrich 0,01°, die Abszisse ist in Minuten eingeteilt. Die stark gezogene Kurve entspricht der Gehirn-, die fein gezogene Kurve der Rektaltemperatur. Die Zimmertemperatur betrug bei Beginn der Messungen 15,5° R, am Ende derselben 16,5° R.

Während der Affe bei Beginn der Messungen ziemlich ruhig lag, ist 4 Uhr 33 Minuten notiert, daß er sich viel bewegt und sehr unruhig ist. 4 Uhr 37 Minuten beißt derselbe um sich und macht dabei bis 4 Uhr 40 Minuten viele kräftige Bewegungen, um sich aus den Händen der ihn haltenden Personen zu befreien. 4 Uhr 41 Minuten ist notiert, daß der Affe ruhiger geworden ist, 4 Uhr 43 Minuten schreit er einige Male, jedoch liegt er ruhig ebenso wie in den folgenden Minuten. Dies veranlaßte die ihn haltenden Personen weniger Acht zu geben und 4 Uhr 49 Minuten brach bei einer unvorhergesehenen plötzlichen Kopfbewegung das im Gehirn steckende Thermometer an der äußeren Schädeloberfläche ab und konnte nicht entfernt werden, so daß dieser Versuch beendet werden mußte.

Das einzige positive Ergebnis dieses ersten, unglücklich ausgehenden Versuches am Schimpanse war aber die Tatsache der Unabhängigkeit der Rektal- und Gehirntemperatur voneinander, denn während anfangs Gehirn- und Rektaltemperatur ziemlich parallel ansteigen, sinkt von 4 Uhr 40 Minuten an (von *A* an) die



Kurve 1.

Gehirntemperatur ab, während die Rektaltemperatur stetig weiter ansteigt und 4 Uhr 43 Minuten die anfangs höhere Gehirntemperaturkurve schneidet (bei *B*). Es scheint auch ziemlich sicher, daß die nachlassende Erregung des gegen das Festhalten sich sträubenden und um sich beißenden Tieres (4 Uhr 37 Minuten) mit einem Temperaturabfall im Gehirn zusammenfällt. Leider ist die Kurve durch das Abbrechen des Thermometers sehr kurz geworden.

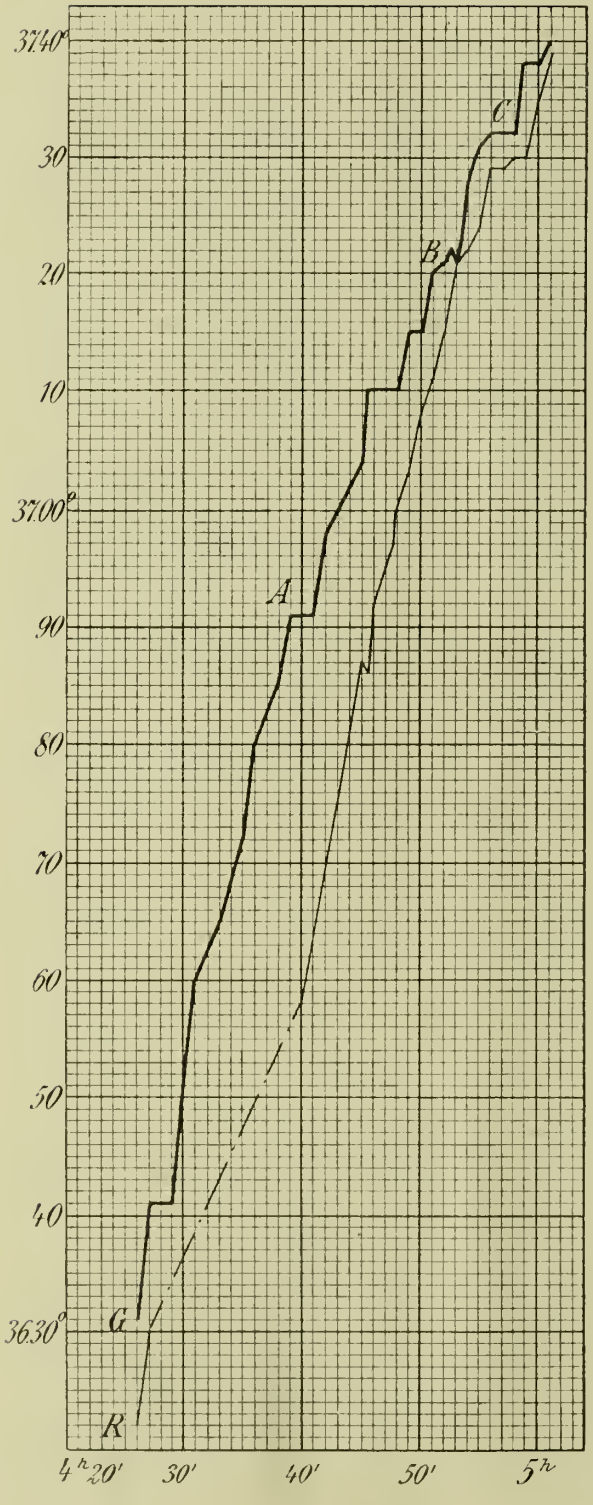
Zeit	Gehirn-temperatur	Rektal-temperatur
4 Uhr 31 Min.	35,61°	35,29°
32 „	35,56	35,44
33 „	35,62	35,50
34 „	35,72	35,50
35 „	35,83	35,59
37 „	35,90	35,61
38 „	36,00	35,69
39 „	36,04	35,70
40 „	36,06	35,80
41 „	36,03	35,84
43 „	36,00	36,00
46,5 „	35,98	36,21

Es fragte sich nun für mich, was man weiter machen solle. Zunächst entschloß ich mich jedenfalls dazu, einige Tage zu warten, damit auch inzwischen Gehirnthermometer, welche von 30° bis 40° reichten, angefertigt werden konnten, denn der beim ersten Versuch verwendete Thermometer begann erst bei 35°. Man hätte ja eventuell überhaupt das abgebrochene Quecksilbergefäß ruhig im Schädel stecken lassen können, jedoch schien mir bei dem immer an der Wunde herummachenden Tier die Gefahr der Infektion und einer dadurch bedingten Meningitis sehr nahe zu liegen, so daß ich, nachdem die nötigen Thermometer fertiggestellt waren, mich entschloß, bei dem doch sehr wertvollen Tier das stecken gebliebene Quecksilbergefäß operativ zu entfernen, indem an der Bohrstelle eine Trepanationsöffnung angelegt wurde. Da aber der Ausgang dieser Operation unsicher war, so wollte ich jedenfalls, ehe ich das Tier verlor, noch einen zweiten Versuch vor dieser notwendigen Operation anstellen.

II. Versuch am 3. Juli 1909.

Die Bohrung wurde gegen 4 Uhr nachmittags unter Anwendung von Äthylchlorid über der rechten vorderen Schädelhälfte ausgeführt. Das Thermometer drang in die Zentralfurche in der Höhe des unteren Endes der zweiten rechten Stirnwindung ein. Das Thermometer lag vorwiegend der Oberfläche der Seitenwände der Zentralfurche an und durchbohrte nur in der Tiefe derselben die hintere Zentralwindung und das zugehörige Marklager. Entsprechend den Erfahrungen beim ersten Versuch wurde das Tier mit einer elastischen, die Arme an den Leib befestigenden, Binde gefesselt und wurden die Beine mit einer Gazebinde zusammengebunden. Die Thermometer wurden 4 Uhr 16 Minuten in den Schädel, 4 Uhr 18 Minuten in das Rektum in der früher beschriebenen Weise eingeführt. 4 Uhr 26 Minuten begannen die Ablesungen, jedoch schon 4 Uhr 27 Minuten gelang es dem ziemlich ungebärdigen Tiere das Rektalthermometer zu zerbrechen, so daß 4 Uhr 30 Minuten ein anderes Rektalthermometer eingeführt werden mußte. Die Zimmertemperatur bei Beginn der Messungen betrug $15^3/_4{}^0$ R, am Ende des Versuches $16^3/_4{}^0$ R; zugegen waren 7 Ärzte. Die alle 1—2 Minuten vorgenommenen Ablesungen ergaben folgende Zahlen, welche die umstehende Kurve 2 in übersichtlicher Weise veranschaulicht.

Bei diesem, wie ich damals befürchten mußte, vielleicht vereinzelt bleibendem Versuche wurden bereits verschiedene Reizmittel angewandt und bezüglich ihrer Wirkung auf die Gehirntemperatur untersucht. Bei Beginn der Messungen machte das Tier viele Bewegungen und infolgedessen kam es eben zu dem Zerbrechen des Rektalthermometers. 4 Uhr 35 Minuten ist notiert, daß das Tier ruhig liegt, ebenso 4 Uhr 41 Minuten. Wegen der, an diesen Versuch anzuschließenden, nur unter allgemeiner Narkose auszuführenden Trepanation zum Zwecke der Entfernung des Quecksilbergefäßes, welches beim ersten Versuch stecken geblieben war, hatte das Tier am Morgen gehungert. 4 Uhr 45 Minuten 40 Sekunden (bei *A*) wurde dem Tier eine Banane gezeigt, eine Frucht, welche der Schimpanse sehr schätzte. Die Gehirntemperatur, welche bis dahin stetig angestiegen war, blieb $2^1/_2$ Minuten konstant, während die Rektaltemperatur stetig weiter anstieg. Vielleicht ist dieses Gleichbleiben der Gehirntemperatur unter der Einwirkung des sehr begehrten optischen Reizes durch ein Nachlassen der ängstlichen Erregung, in der sich das Tier befand, ähnlich wie der Abfall bei dem ersten Versuche zu erklären. Das Tier hat in diesem Falle eben mit Rücksicht auf die spätere Narkose die Frucht nicht erhalten, sondern sie wurde ihm lediglich gezeigt und dann wieder entfernt. Wenige Sekunden vor 4 Uhr 52 Minuten schoß ich in dem Operationszimmer mit einem Revolver. Die Gehirntemperatur zeigte (bei *B*) einen kurzen leichten Anstieg mit nachfolgendem Abfall, während eine beträchtliche Temperatursteigerung erst in der zweiten Minute nach dem Schuß



Kurve 2.

erfolgte, hierbei stieg die Gehirntemperatur in einer Minute um 0,07° an, während die gleichzeitige Zunahme im Rektum nur 0,01° betrug. 4 Uhr 58 Minuten wurde mit der Einleitung der Chloroformnarkose begonnen (bei *C*). Die

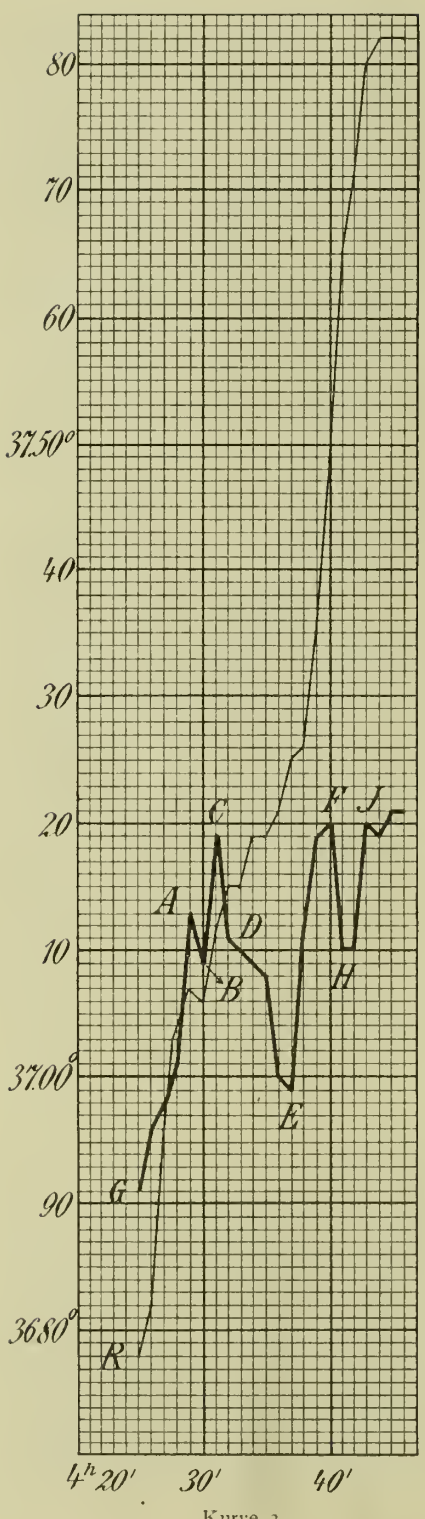
Zeit	Gehirntemperatur	Rektaltemperatur
4 Uhr 26 Min.	36,31°	36,22°
27 „	36,41	36,30
29 „	36,41	—
30 „	36,50	—
31 „	36,60	—
33 „	36,65	—
35 „	36,72	—
36 „	36,80	—
38 „	36,85	—
39 „	36,91	—
40 „	36,91	36,58
41 „	36,91	36,63
42 „	36,98	36,70
43 „	37,00	36,75
44 „	37,02	36,81
45 „	37,04	36,87
45 Min. 30 Sek.	37,10	36,86
40 „	37,10	36,89
50 „	37,10	36,92
47 „ 30 „	37,10	36,97
48 „	37,10	37,00
49 „	37,15	37,03
50 „	37,15	37,08
51 „	37,20	37,11
52 „	37,21	37,15
52 „ 30 „	37,22	37,18
45 „	37,22	37,19
53 „	37,21	37,21
53 „ 30 „	37,23	37,21
54 „	37,28	37,22
54 „ 30 „	37,30	37,23
55 „	37,31	37,24
56 „	37,32	37,29
57 „	37,32	37,29
58 „	37,32	37,30
59 „	37,38	37,30
5 Uhr 00 Min.	37,38	37,35
1 „	37,40	37,39

Gehirntemperatur stieg sofort um 0,06° an, während die Rektaltemperatur gleich blieb und erst von 5 Uhr an sich an dem weiteren Anstieg beteiligte. 5 Uhr 1 Minute wurden beide Thermometer entfernt, das Tier war bereits etwas

benommen, jedoch keineswegs in wirklicher Narkose. Unter Aufträufelung von Chloroform auf die Maske wurde die Narkose allmählich vertieft, es wurde über der ersten, links gelegenen Punktionsstelle nach ausgedehnter Umstechung der Haut eingeschnitten und die Knochenwunde freigelegt. Alle Versuche, das dünne Glasgefäß mit einer Pinzette usw. herauszuziehen, scheiterten; es wurde daher das Bohrloch mit einer feinen LUERschen Zange vorsichtig zu Pfenniggröße erweitert und dabei festgestellt, daß die Knochendicke 2—3 mm betrug. Nach Einschneiden der sehr dicken Dura konnte die Thermometerspitze ohne Schwierigkeiten entfernt werden. Die Duralwunde wurde ebenso wie die Hautwunde genäht. Die Hautwunde eiterte später etwas, jedoch blieb die gefürchtete Meningitis aus, so daß, nachdem sich das Tier einige Wochen von der ergreifenden Operation erholt hatte, an eine Fortsetzung der Versuche gedacht werden konnte. Wie schon oben erwähnt, lag bei diesem zweiten Versuch das Quecksilbergefäß des Gehirnthermometers vorwiegend der Rindenoberfläche im Sulcus Rolando an und war nur zum kleineren Teil in die Gehirnsubstanz selbst eingedrungen. Es ist dies die einzige Kurve, bei der bei meinen Versuchen dies der Fall war, hier dürfte eine ähnliche Lage des Thermometers vorliegen, wie sie MOSSO bei der Delphina Parodi bewerkstelligen konnte; wir werden darauf später zurückkommen müssen. Wenn wir diese Kurve mit den anderen vergleichen, so wird uns auffallen, daß sie, von kleinen Abweichungen abgesehen, einen auffallenden Parallelismus der Rektal- und Gehirntemperatur zur Anschauung bringt und bezüglich des Gehirns als die ausdruckloseste von allen meinen Kurven bezeichnet werden kann. Ich wage jedoch nicht zu entscheiden, wie weit diese Eigentümlichkeit auf die abweichende Lage des Gehirnthermometers oder auf andere, unkontrollierbare Versuchsbedingungen zurückzuführen ist, obwohl natürlich die Erklärung durch die andere Lage des Thermometers außerordentlich nahe zu liegen scheint. Etwa 4 Wochen nach der eben mitgeteilten, an den zweiten Versuch unmittelbar anschließenden Operation war die Wunde vollständig verheilt, so daß ein weiterer Versuch vorgenommen werden konnte.

III. Versuch am 29. Juli 1909.

Unter Äthylchlorid wurde nachmittags gegen 4 Uhr der Schädel in seiner rechten hinteren Hälfte angebohrt. Das Tier war bei dem Verbringen in das Operationszimmer sehr ängstlich, schrie wiederholt laut. Es wurde mit einer Gummibinde leicht gefesselt. Anwesend waren wieder 5 Ärzte. 4 Uhr 15 Minuten lagen das Gehirn-, 4 Uhr 16 Minuten das Rektalthermometer an ihren Stellen. Das Gehirnthermometer durchbohrte einen Windungszug des Lobus parietalis superior der rechten Seite in dem zwischen Sulcus postcentralis und Sulcus intraparietalis gelegenen Winkel.



Kurve 3.

Die Messungen begannen 4 Uhr 25 Minuten, die Zimmertemperatur bei Beginn der Beobachtungen betrug 16,5° R, am Ende desselben 17,0° R, Es wurden folgende Zahlen notiert:

Zeit	Gehirntemperatur	Rektaltemperatur
4 Uhr 25 Min.	36,91°	36,78°
26 „	36,96	36,82
27 „	36,98	36,96
28 „	37,01	37,03
29 „	37,12	37,07
30 „	37,09	37,06
31 „	37,19	37,12
32 „	37,11	37,15
33 „	37,10	37,15
34 „	37,09	37,19
35 „	37,08	37,19
36 „	37,00	37,21
37 „	36,99	37,25
38 „	37,11	37,26
39 „	37,19	37,35
40 „	37,20	37,49
41 „	37,10	37,65
42 „	37,10	37,71
43 „	37,20	37,80
44 „	37,19	37,82
45 „	37,21	37,82
46 „	37,21	37,82

Im Beginn der Messungen ist das Tier ziemlich unruhig, macht viele Bewegungen. Die Gehirntemperatur steigt ebenso wie die Rektaltemperatur stetig an. Nachdem 4 Uhr 29 Minuten ein Gipfel bei *A* erreicht war, begann die Gehirntemperatur rasch abzusinken. In dieser Zeit zwischen 4 Uhr 29 Minuten und 4 Uhr 30 Minuten wurde dem Affen, welcher am Morgen gehungert hatte, eine Banane so vor das Maul gehalten, daß er bequem fressen konnte, was er auch sofort tat. Die Gehirntemperatur war 4 Uhr 30 Minuten um 0,04° abgesunken, ebenso wie die Rektaltemperatur einen kleinen Abfall von 0,01° aufwies. Während des weiteren Fressens des Tieres stieg die Temperatur in der nächsten

Minute am Gehirn um 0,1°, im Rektum um 0,06°. Nach dem Gipfel *C* der Gehirnkurve fiel dieselbe fast ebenso rasch in einer Minute um 0,08°, während im Rektum die Temperatur langsam weiter anstieg. Bei *D* wurde dem immer noch fressenden Tiere die Banane weggenommen, die Gehirntemperatur sank weiter stetig ab bis *E*, ohne daß die Rektaltemperatur entsprechende Schwankungen aufzuweisen hatte. Was den gewaltigen Anstieg der Gehirntemperatur von *E* bis *F* mit nachfolgendem Abfall bis *H* bedingt haben mag, kann ich nicht mit Sicherheit angeben. Vielleicht kann aber folgender Umstand zur Erklärung herangezogen werden. Zwischen 4 Uhr 36 Minuten und 4 Uhr 37 Minuten hatte ich einmal das Operationszimmer verlassen, um eine bereit gehaltene Ringelnatter herbeizuholen. Ich ging dabei so vorsichtig zu Werke, daß der Affe die Schlange nicht sehen konnte; möglich daß die ängstliche Erregung, welche durch mein Gehen und Kommen veranlaßt wurde, diese Steigerung der Gehirntemperatur bedingte. Ich hatte 2 Tage vorher mit dem Affen Versuche angestellt, wie er sich gegen Schlangen verhalte; während ihm eine aus Metall gegossene Schlange absolut nicht imponierte, geriet er bei dem Anblick einer lebenden Ringelnatter in hochgradigste Erregung, klammerte sich an seinem Wärter fest und schrie aus Leibeskräften. Bei *H* (4 Uhr 41 Minuten) zeigte ich nun dem Tier, die bis dahin in der Tasche meines Operationsmantels verborgene Schlange, das Tier lag ganz still, schrie nicht und biß, als der Kopf der sich in der Luft bewegenden Schlange in die Nähe seines Maules kam, nach demselben. Trotz dieser äußerlich fehlenden Schreckensäußerungen stieg die Gehirntemperatur in der zweiten Minute danach um 0,1° an, allerdings setzte auch die Rektaltemperatur ihren Aufstieg fort (und zwar um 0,09° in einer Minute) jedoch geht gerade aus dieser sehr schönen Kuve die Unabhängigkeit der beiden Temperaturen klar hervor. Die Rektaltemperatur steigt stetig weiter an, da bei dem allerdings nur leicht gefesselten und außerden noch von den warmen Händen mehrerer Menschen gehaltenem und immer wieder auf seine Befreiung hinarbeitenden Tiere eine Wärmestauung hervorgerufen wird. Die Gehirntemperatur zeigt vollständig selbstständige Anstiege und Abfälle, die sich bis zu gewissen Grade mit der Einwirkung der Reize in Zusammenhang bringen lassen. Es geht nämlich aus dieser Kurve hervor, daß der Anstieg nicht unmittelbar der Einwirkung eines Reizes folgt, sondern zunächst stellt sich immer eine deutliche Hemmung des gerade bestehenden Temperaturabfalles ein, und erst in der zweiten Minute kommt es zu den allerdings oft recht beträchtlichen Anstiegen von 0,1° und mehr. Nach *A*, als dem Tiere die Banane gegeben wird, fällt das Gehirn zunächst weiter bis *B* ab und erst dann kommt der Anstieg bis *C*, das gleiche beobachten wir an der Stelle *H*, wo die Gehirntemperatur gerade in einem beträchtlichen Abfall begriffen ist, der Abfall wird gehemmt nach dem Anblick der Schlange und erst dann kommt der rasche Anstieg bis *J*. Noch eine zweite Tatsache geht aus dieser Kurve hervor; 4 Uhr 33 Minuten ist notiert „viele Be-

wegungen“ und trotzdem sinkt von *D* bis *E* die Gehirntemperatur stetig und ziemlich beträchtlich ab. Gegen Ende dieser Beobachtungsreihen wurde kurz vor 4 Uhr 46 Minuten der Versuch gemacht, wie wiederholte seitliche Bewegungen auf das Gehirnthermometer einwirken, es veränderte sich dabei die Stellung des Quecksilberfadens nicht. Das Tier war nach dem Versuch vollständig munter und frisch.

IV. Versuch am 7. August 1909.

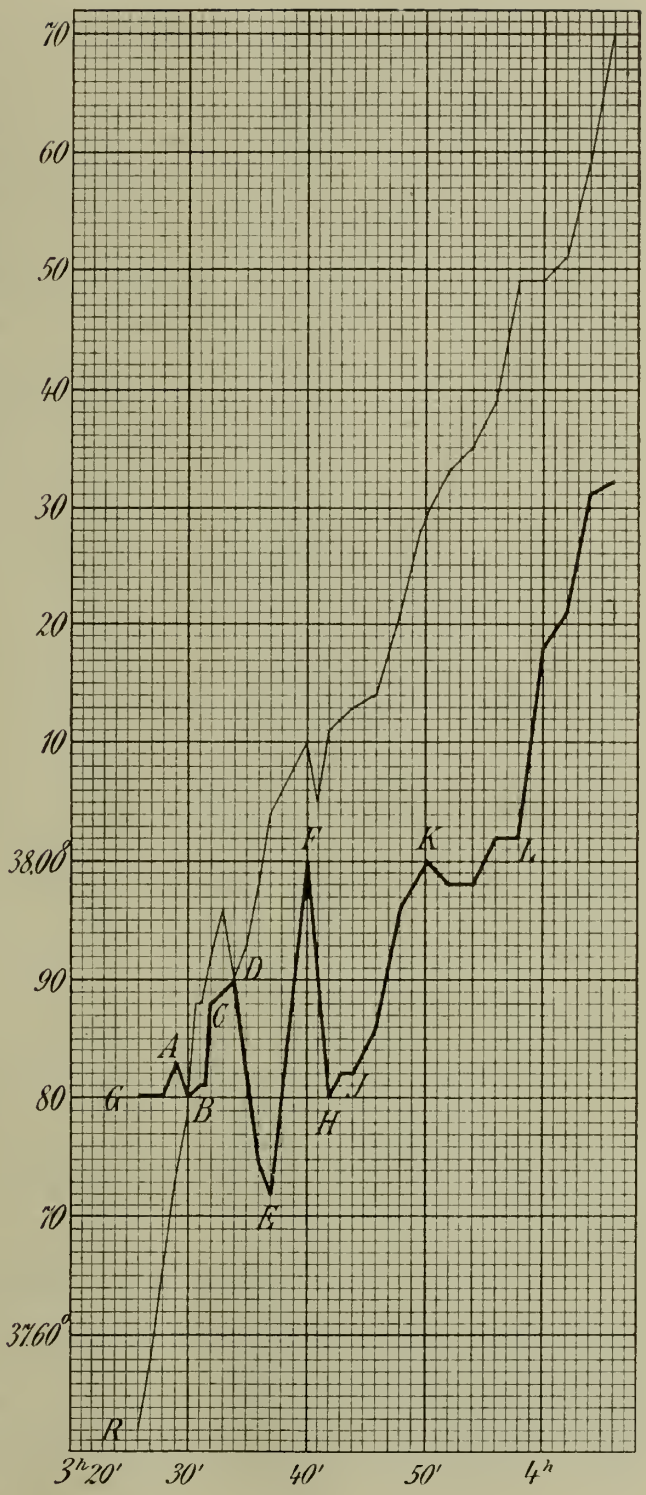
Der Versuch wurde nachmittags gegen 3 Uhr vorgenommen, es war ein sehr heißer Tag, die Zimmertemperatur bei Beginn der Ablesungen betrug 19° R, am Ende derselben 19,5° R. Es wurde unter Äthylchloridanästhesie über der linken hinteren Schädelhälfte ein Bohrloch angelegt und das Thermometer in den Lobus parietalis superior eingeführt. Er durchbohrte eine Windungshöhe in dem Winkel zwischen Sulcus centralis posterior und Fissura intraparietalis, lag also an genau symmetrischer Stelle zu dem vorigen Versuch. Das Tier war wieder mit einer elastischen Binde und einer Gazebinde gefesselt und lag, wie immer, in Seitenlage auf dem Operationstisch. 3 Uhr 16 Minuten lag das Gehirn 3 Uhr 17 Minuten das Rektalthermometer an seiner Stelle und 3 Uhr 26 Minuten konnte mit den Ablesungen begonnen werden. An dem Versuch nahmen 5 Ärzte der Klinik teil. Die gewonnenen Zahlen enthält folgende Zusammenstellung: (siehe S. 23).

Anfangs liegt das Tier, das vor der Vornahme der Operation wieder sehr ängstlich war, ganz ruhig. 3 Uhr 30 Minuten ist notiert, daß es eine Bewegung macht, um sich zu befreien. Kurz vor 3 Uhr 31 Minuten 30 Sekunden habe ich wieder in der Nähe des Tieres mit einem Revolver geschossen, ich stand dabei so, daß mich das Tier vor dem Abschießen nicht sehen konnte, dasselbe fuhr deutlich zusammen, die Ablesung kurze Zeit nach dem Schuß ergab wieder keine Veränderung, in der nächsten halben Minute stieg dann die Gehirntemperatur um 0,07° an, während das Rektum einen Anstieg von 0,04° aufwies. Der Anstieg setzte sich noch in den nächsten 2 Minuten bis zu dem Gipfel bei *D* fort, während die Rektaltemperatur, welche offenbar durch die das Zusammenfahren beim Schreck bedingende plötzliche Muskelkontraktion rasch angestiegen war, um 0,06° in der Minute abfiel. Ebenso wie in der Kurve 3 einige Zeit nach Einwirkung eines Reizes, zeigt sich auch hier wieder der bei *D* einsetzende Abfall, der in einer Minute 0,08° bei gleichzeitigem Anstieg der Rektaltemperatur beträgt. Auch in den folgenden Minuten setzt sich der Temperaturabfall weiter fort. Bei *E* (3 Uhr 37 Minuten) mache ich den Versuch, bei dem Tiere beide Karotiden zu komprimieren, um so eventuell Bewußtlosigkeit zu erzielen. Das Tier ist bei diesem Versuch sehr ängstlich, es gelingt jedoch nicht, eine Bewußtseinsaufhebung zu erreichen. An der Gehirntemperaturkurve sehen wir in den nächsten

3 Minuten einen gewaltigen Anstieg bis *F* um 0,28° während die Rektaltemperatur in der gleichen Zeit nur um 0,06° zunimmt. Dem gewaltigen Anstieg der Gehirntemperatur folgt ein ebenso gewaltiger Abfall auf dem Fuße und zwar um 0,2° in 2 Minuten, während

Zeit	Gehirn-temperatur	Rektal-temperatur
3 Uhr 26 M.	37,80°	37,52°
27 „	37,80	37,58
28 „	37,80	37,65
29 „	37,83	37,73
30 „	37,80	37,78
31 „	37,81	37,88
31 „ 30 S.	37,81	37,88
32 „	37,88	37,92
33 „	37,89	37,96
34 „	37,90	37,90
35 „	37,82	37,93
36 „	37,75	37,98
37 „	37,72	38,04
40 „	38,00	38,10
41 „	37,90	38,05
42 „	37,80	38,11
43 „	37,82	38,12
44 „	37,82	38,13
46 „	37,86	38,14
48 „	37,96	38,21
50 „	38,00	38,29
52 „	37,98	38,33
54 „	37,98	38,35
56 „	38,02	38,39
58 „	38,02	38,49
4 Uhr 00 „	38,18	38,49
2 „	38,21	38,51
4 „	38,31	38,59
6 „	38,32	38,70

die Rektaltemperatur nach einer kleinen Schwankung nach unten in dieser Zeit um 0,02° zugenommen hatte. Da das häufiger in der Psychiatrie und neuerdings auch in anderen Fächern der Medizin verwen-



Kurve 4.

dete Hyoszin (resp. Scopolamin. hydrobromicum) von Mosso in seiner Einwirkung auf die Gehirntemperatur nicht untersucht worden war, so beschloß ich, mit demselben an diesem Schimpanse einen Versuch anzustellen. 3 Uhr 44 Minuten wurden 0,0006 gr in wässeriger Lösung unter die Haut des linken Oberschenkels injiziert. Auch dieser kurze schmerzhafte Reiz rief eine deutliche Temperatursteigerung im Gehirn hervor, dessen Einzelheiten nicht näher festgestellt wurden, da erst nach 2 Minuten abgelesen wurde. Es wurde dabei eine Temperaturzunahme um 0,04° gefunden, während die Rektaltemperatur nur um 0,01° angestiegen war. Der Temperaturanstieg im Gehirn setzte sich Anfangs bis zu einem Gipfel bei *K* rasch fort, dann trat ein geringer Abfall resp. Stillstand in der Zunahme ein und erst von *L* an (3 Uhr 58 Minuten) zeigte sich ein weiterer rapider Anstieg, so daß im ganzen unter der Hyoszinwirkung eine Temperaturzunahme von 0,5° in 22 Minuten sich einstellte; allerdings nahm auch die Rektaltemperatur in der gleichen Zeit um 0,56° zu, aber ebenso wie in der Kurve 3 hatte auch im Beginn dieser Kurve die Unabhängigkeit beider Temperaturen voneinander festgestellt werden können. Man wird nicht fehl gehen, wenn man die in allen Kurven zutage tretende stetige Zunahme der Rektaltemperatur auf die durch die Versuchsbedingungen veranlaßte Wärmestauung zurückführt, während im allgemeinen die Gehirntemperaturkurve diesen stetigen Anstieg nicht zeigt und er erst unter der Hyoszinwirkung erfolgt, so daß er wohl auf diese zurückgeführt werden muß. Trotz der erheblichen Dosis trat jedoch bei dem Tiere eine deutliche Hyoszinwirkung, wie wir sie beim Menschen kennen, nicht zutage. Die Notizen darüber enthalten folgendes: 3 Uhr 44 Minuten war die Injektion erfolgt, 3 Uhr 48 Minuten wurde das Tier etwas schläfrig, 3 Uhr 50 Minuten fanden sich die Pupillen deutlich erweitert und zitterte das Tier stark; 3 Uhr 52 Minuten wurden einzelne klonische Stöße, namentlich der Muskulatur der Beine, beobachtet, wie sie auch beim Menschen häufig nach Hyoszininjektionen sich einstellen. 3 Uhr 56 Minuten war aber das Tier noch vollständig wach, auch 3 Uhr 58 Minuten und 4 Uhr wurden die oben erwähnten vereinzelten Zuckungen beobachtet und waren die Glieder auffallend schlaff und kraftlos, jedoch trat keine Schlafwirkung ein. 4 Uhr 6 Minuten wurden die Thermometer entfernt und das in seinen Bewegungen etwas ataktische Tier in seinen Käfig zurückgebracht.

V. Versuch am 14. August 1909.

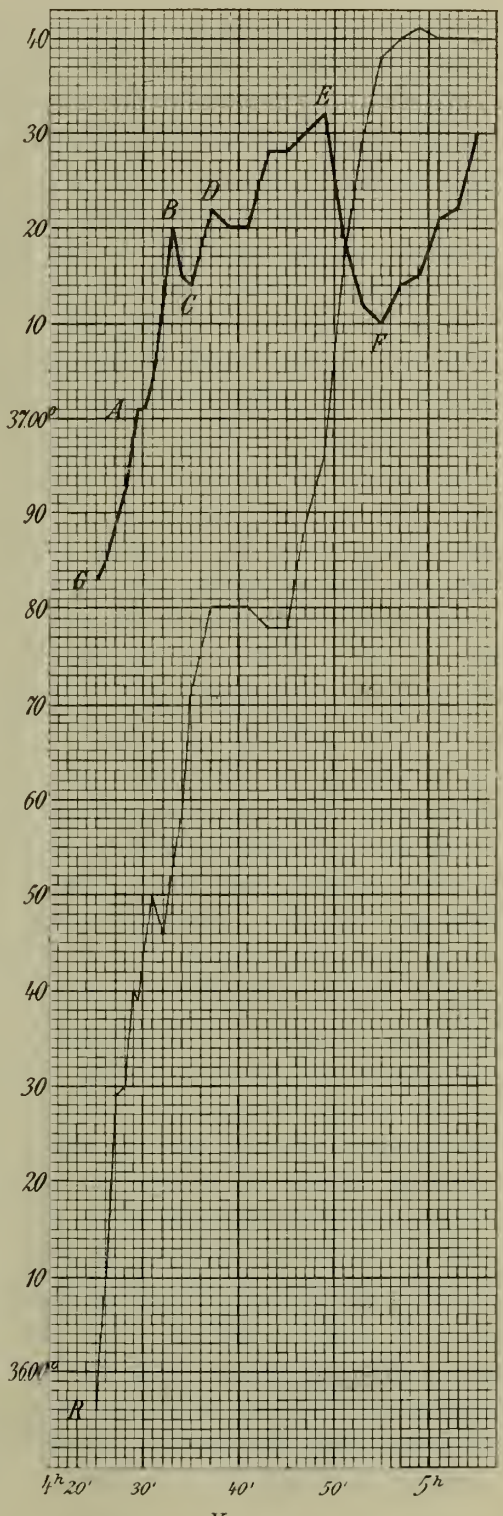
Der Versuch wird nachmittags gegen 4 Uhr in Gegenwart und unter Mithilfe von 6 Ärzten der Klinik ausgeführt. Der Tag ist kühl, die Zimmertemperatur bei Beginn der Ablesungen betrug 16° R, am Ende derselben 16,5° R. Unter Äthylchloridwirkung wird über der rechten hinteren Schädelhälfte in der Nähe der Mittellinie ein Bohrloch angelegt. Das Gehirnthermometer durchbohrt

einen Windungszug des Lobus parietalis superior ganz in der Nähe der Mantelkante. 4 Uhr 15 Minuten lagen beide Thermometer an ihren Stellen und 4 Uhr 25 Minuten konnte mit den Ablesungen begonnen werden, welche diese Zusammenstellung enthält.

Wie immer, ist das Tier vor Beginn der Operation sehr ängstlich, liegt aber

Zeit	Gehirn-temperatur	Rektal-temperatur
4 Uhr 25 Min.	36,83°	35,96°
26 „	36,85	36,10
27 „	36,90	36,29
28 „	36,93	36,30
29 „	37,00	36,40
29 „ 30 Sek.	37,01	36,39
30 „	37,01	36,43
31 „	37,04	36,50
32 „	37,12	36,46
33 „	37,20	36,53
34 „	37,15	36,59
35 „	37,14	36,71
37 „	37,22	36,80
39 „	37,20	36,80
41 „	37,20	36,80
43 „	37,28	36,78
45 „	37,28	36,78
47 „	37,30	36,90
49 „	37,32	36,96
51 „	37,19	37,17
53 „	37,12	37,29
55 „	37,10	37,38
57 „	37,14	37,40
59 „	37,15	37,41
5 Uhr 01 „	37,21	37,40
3 „	37,22	37,40
5 „	37,30	37,40

bei Beginn der Ablesungen ziemlich ruhig. Kurz nach 4 Uhr 29 Minuten wird eine zurechtgestellte Menge von Blitzlicht angezündet, das kurz vor der Ablesung 4 Uhr 29 Minuten 30 Sekunden aufblitzt (bei *A*). Das Tier fährt deutlich zusammen, blinzelte mit den Augen. Ebenso wie in den Kurven 3 und 4 trat die Einwirkung auf die Gehirntemperatur erst in



Kurve 5.

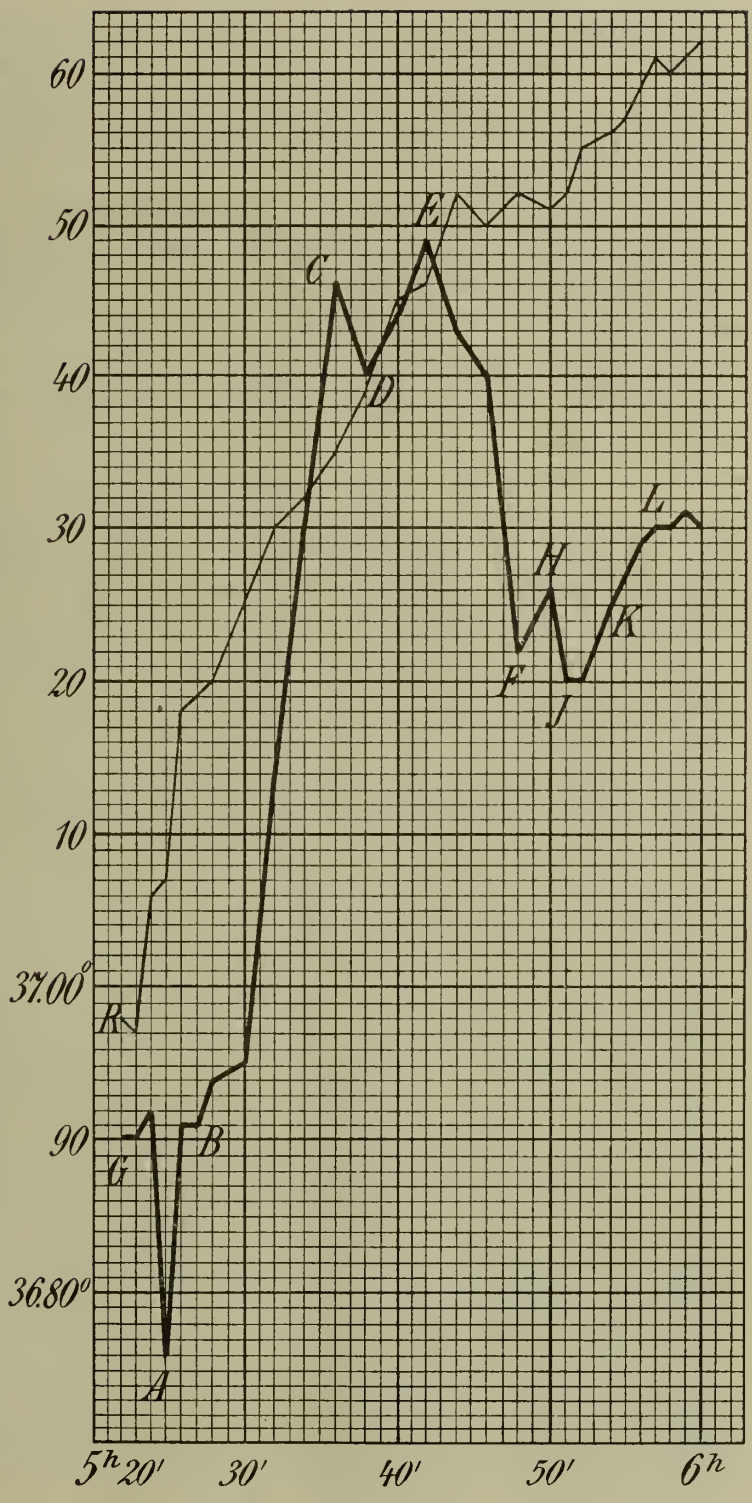
der nächsten Minute in der Form einer Temperaturzunahme um 0,08° in einer Minute zutage, allerdings stieg auch die Rektaltemperatur in derselben Zeit um 0,07° an. 3 Minuten nach dem Reiz trat von dem Gipfel bei *B* ab ein Temperaturabfall ein, der jedoch durch die 4 Uhr 34 Minuten vorgenommene Injektion von 0,0015 Hyoszin in wässeriger Lösung gehemmt und von 4 Uhr 35 Minuten (von *C*) ab in einen Anstieg von 0,08° in einer Minute verwandelt wurde, während das Rektum seinen stetigen Anstieg um 0,09° in der Minute fortsetzte. Es ist kein Zweifel, daß die Injektion zunächst nur als schmerzhafter Reiz zur Wirkung kommt und ebenso wie der Schuß oder das Blitzlicht seine Wirkung auf die Gehirntemperatur zeigt, auch hier vergeht wieder eine gewisse Zeit, bis die Wirkung auf unseren Thermometern zutage tritt. Trotz der großen Dosis trat auch jetzt eine eklatante schlafmachende Wirkung des Hyoszins, wie wir sie vom Menschen her kennen, nicht zutage. Es ist darüber folgendes notiert: 4 Uhr 37 Minuten, also 3 Minuten nach der Injektion werden die Pupillen weiter, das Tier ist sehr unruhig, beißt um sich, während es bis dahin ziemlich still gelegen hatte. 4 Uhr 39 Minuten sind die Pupillen bereits sehr weit, 4 Uhr 41 Minuten zittert das Tier stark und stellen sich schon einzelne der oben (Versuch 4) beschriebenen klonischen Stöße ein. 4 Uhr 48 Minuten wird das Tier ruhiger, 4 Uhr 47 Minuten schließt es die Augen, ist im Halbschlaf; 4 Uhr 49 Minuten liegt das Tier ruhig da, braucht nicht mehr gehalten zu werden. Jedoch schlägt der Schimpanse schon 4 Uhr 51 Minuten wieder die Augen auf, macht 4 Uhr 55 Minuten einzelne aktive Bewegungen, fährt bei jedem Geräusch zusammen; 5 Uhr 1 Minute stößt er einige Laute aus und wird 5 Uhr 3 Minuten zunehmend lebhafter, so daß er wieder gehalten werden muß und 5 Uhr 5 Minuten die Thermometer entfernt werden. Wie im Versuch 4 sehen wir auch hier unter der Hyoszinwirkung einen deutlichen Temperaturanstieg bis zu einem Gipfel bei *E*, wir sehen aber ferner, daß diesem Anstieg ein ebenso beträchtlicher Abfall bis *F* nachfolgt. Während des Anstieges nimmt die Gehirntemperatur in 8 Minuten um 0,12° zu, der Abfall ist viel größer und erreicht in 3 Minuten 0,20°, während im Rektum während der ganzen Zeit die Temperaturzunahme sich stetig fortsetzt. Von *F* an erfolgt dann ein erneuter Anstieg, nachdem schon 4 Minuten vorher notiert worden war, daß das Tier wieder die Augen aufschlägt. Vergleicht man die eben mitgeteilten Notizen mit den Schwankungen unserer Gehirntemperaturkurve, so scheint sich auch da wieder die Tatsache zu zeigen, daß die Temperaturschwankungen zeitlich um 1—2 Minuten den beobachteten Erscheinungen nachfolgen. 4 Uhr 47 Minuten ist z. B. notiert: „schließt die Augen, ist im Halbschlaf“ und trotzdem beginnt erst 2 Minuten später bei *E* der Abfall. Wie schon erwähnt und auch aus den mitgeteilten Notizen hervorgeht, ist es zu einer eigentlichen Schlafwirkung des Hyoszins nicht gekommen, obwohl sich das Tier noch längere Zeit nach dem Versuch als etwas benommen und unsicher in seinen Bewegungen erwies.

VI. Versuch am 24. Aug. 1909.

Der Versuch wurde nachmittags gegen 5 Uhr vorgenommen, zugegen waren 5 Ärzte. Es wurde unter Äthylchloridanästhesie ein Bohrloch über der

Zeit	Großhirntemperatur	Kleinhirntemperatur
5 Uhr 22 M.	36,90°	36,98°
23 „	36,90	36,97
24 „	36,92	37,06
25 „	36,76	37,07
26 „	36,91	37,18
27 „	36,91	37,19
28 „	36,94	37,20
30 „	36,95	37,25
32 „	37,14	37,30
34 „	37,30	37,32
36 „	37,46	37,35
38 „	37,40	37,39
40 „	37,44	37,45
42 „	37,49	37,46
44 „	37,43	37,52
46 „	37,40	37,50
48 „	37,22	37,52
50 „	37,26	37,51
51 „	37,20	37,52
52 „	37,20	37,55
54 „	37,25	37,56
55 „	37,27	37,57
56 „	37,29	37,59
57 „	37,30	37,61
58 „	37,30	37,60
59 „	37,31	37,61
6 „ 00 „	37,30	37,62

Mitte der linken Schädelhälfte angelegt. Das Thermometer drang in die hintere linke Zentralwindung, dieselbe auf der Windungshöhe durchbohrend, ein. Die getroffene Stelle fand sich in der Höhe des



Kurve 6.

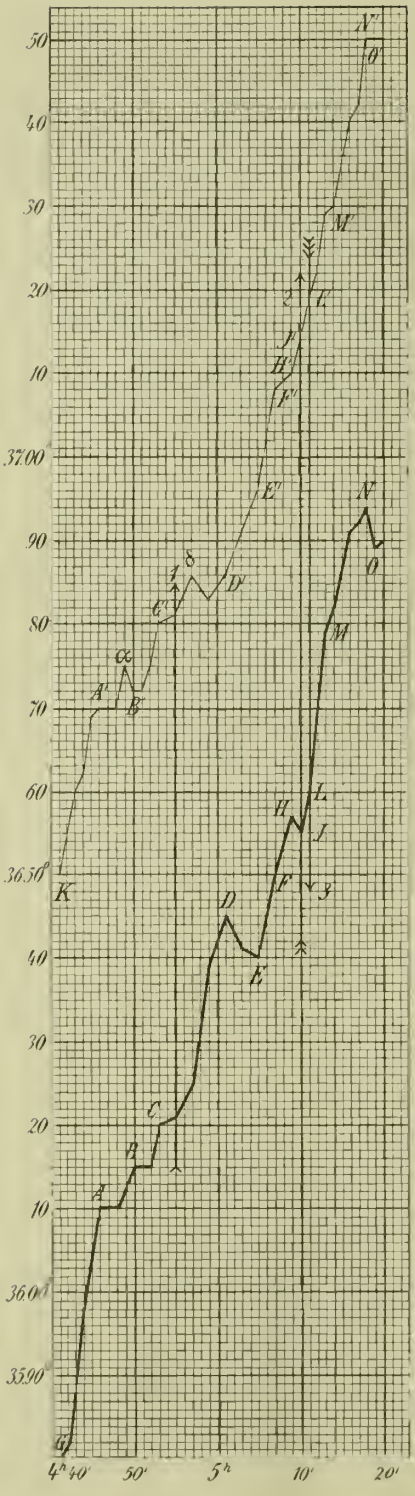
unteren Endes von F_2. Der Tag war ziemlich heiß, die Zimmertemperatur bei Beginn der Ablesungen betrug 17° R und blieb bis zu Ende des Versuches die gleiche. 5 Uhr 12 Minuten lagen beide Thermometer an ihren Stellen und 5 Uhr 22 Minuten wurde mit den Ablesungen begonnen. Dieselben sind in vorstehender Tabelle zusammengestellt.

Bei Beginn der Ablesungen ist notiert, daß das Tier ziemlich unruhig sei und viele Bewegungen macht, trotzdem macht sich bis *A* ein rapider Temperaturabfall mit nachfolgendem Anstieg geltend, über dessen Veranlassung wir nichts aussagen können. 5 Uhr 26 Minuten 30 Sekunden wird unter sehr lebhaften Bewegungen des Tieres 0,04 g Morphinum muriaticum in wässeriger Lösung unter die Haut der Bauchdecken injiziert. Die Gehirntemperatur steigt wieder nach einiger Zeit, von *B* an, auf die als schmerzhafter Reiz zu betrachtende Injektion in 1 Minute um 0,03° an, während das Rektum nur einen Anstieg von 0,01° zu verzeichnen hat. Etwa 4 Minuten nach der Injektion setzt dann ein rapider Anstieg der Gehirntemperatur ein, der in 6 Minuten 0,51° umfaßt, bei einem gleichzeitigen Anstieg der Rektaltemperatur um 0,1°. Von dem Gipfel bei *C* erfolgt dann ein kurzer Abfall bis *D* bei weiterem Anstieg der Rektaltemperatur. Von einem zweitem Gipfel bei *E* erfolgt dann ein ebenso rascher Abfall in 2 Minuten um 0,18°, während die Temperatur des Mastdarmes unter einigen Schwankungen weiter zugenommen hat. Von *F* an erfolgt wieder ein leichter Anstieg bis *H* und dann setzt sich der Abfall bei *J* weiter fort. Eine Ursache für den Abfall bis *D*, den erneuten Anstieg bis *E* und die kleine Zacke bei *H* war nicht auffindbar, vielleicht haben wir hier ebenso wie in manchen anderen, ohne ursächlichen Zusammenhang mit den Reizen auftretenden Schwankungen die organischen Konflagrationen Mossos vor uns. Über das Verhalten des Affen ist bis dahin notiert: 5 Uhr 30 Minuten auffallend ruhig; eine Minute später: stößt einige Laute aus, die von seiner Umgebung gewöhnlich als Zeichen seiner Unzufriedenheit gedeutet und als sein „Schimpfen" bezeichnet wurden. 5 Uhr 32 Minuten liegt das Tier ganz ruhig, 5 Uhr 36 Minuten ganz ruhig, keine deutliche Miosis; 5 Uhr 40 Minuten: schläft nicht; 5 Uhr 44 Minuten: macht einen schläfrigen Eindruck, hält die Augen geschlossen. Die Binden, mit welchem das Tier wie bei allen bisherigen Versuchen gefesselt war, wurden 4 Uhr 44 Minuten gelockert und 4 Uhr 47 Minuten ganz entfernt; die Wirkung auf die Rektaltemperatur ist eklatant, es tritt zunächst ein Stillstand und dann nur ein ganz allmähliger weiterer Anstieg ein, da die Ursache der Wärmestauung fortfällt. Vergleicht man diese Kurve 6 mit den bisher besprochenen Versuchen, so fällt der Unterschied in dem Verlauf der Rektalkurve in der zweiten Hälfte des Versuches sofort in die Augen. Bei *J* (4 Uhr 51 Minuten) wurde dem schläfrigen, jedoch nicht schlafenden Tiere eine sehr starke Salmiakgeistlösung vor die Nase gehalten. In der nächsten Minute zeigte sich nur, daß der Abfall innehielt und

erst 4 Uhr 54 Minuten konnte ein Anstieg von 0,05° in 2 Minuten festgestellt werden (bis *K*). Wiederholtes lautes Pfeifen in nächster Nähe des Tieres um 5 Uhr 54 Minuten bedingte vielleicht einen weiteren Anstieg oder verstärkte jedenfalls die Nachwirkung des Ammoniaks, so daß eine weitere Zunahme von 0,05° in 3 Minuten an der Gehirntemperaturkurve bis *L* zu verzeichnen war. Eine energische, im Normalzustand äußerst schmerzhafte, faradische Reizung der Hand und Unterarmnerven mit starken Kontraktionen der beteiligten Muskeln hielt zwar den Temperaturabfall auf, konnte jedoch in diesem Zustande des Morphiumdusels nur eine geringe Steigerung der Temperatur des Großhirns von 0,01° hervorrufen. Nach der Entfernung der Thermometer um 6 Uhr war das Tier noch sehr schläfrig und stand noch längere Zeit unter der Wirkung des Morphins.

7. Versuch am 30. Aug. 1909.

Ich beabsichtigte bei diesem Versuch im Hinblick auf eine später mitzuteilende Beobachtung beim Menschen Temperaturmessungen im Großhirn und Kleinhirn gleichzeitig anzustellen. Da die doppelte Bohrung unter Lokalanästhesie nur schwer hätte ausgeführt werden können und da es andererseits auch mit dem ganzen Zwecke dieses Versuchs übereinstimmte, so wurde Chloroformnarkose angewandt. Das Tier hatte am Vormittag gehungert, nachmittags gegen 4 Uhr wurde mit der Einleitung der Narkose begonnen, an dem Versuch nahmen 5 Ärzte teil. 4 Uhr 7 Minuten erhielt das von einer Schwester und einem Diener gehalten Tier die erste Chloroformmenge, es trat ein deutliches Exzitationsstadium ein, trotz vorsichtiger Fortsetzung der Aufträufelung von Chloroform setzte 4 Uhr 16 Minuten ziemlich unvermittelt die Atmung aus und erst 4 Uhr 19 Minuten gelang es den vereinten Anstrengungen das ganz asphyktische Tier wieder ins Leben zurückzuführen. 4 Uhr 22 Minuten wurde das Bohrloch über dem rechten Großhirn angelegt, dann wurde am Hinterhaupt ein ca. 2 cm langer Längsschnitt gemacht, Haut und Muskulatur mit einem Raspatorium bei Seite gehebelt und der bloßliegende Knochen über dem Kleinhirn gleichfalls angebohrt. Das genau dem Großhirnthermometer entsprechende Kleinhirnthermometer wurde 4 Uhr 28 Minuten eingelegt und drang in die rechte Kleinhirnhemisphäre ein. 4 Uhr 31 Minuten wurde nun auch das Großhirnthermometer in das Bohrloch eingeschoben; dasselbe lag ziemlich weit vorn, einen Windungszug von F_2 in nächster Nähe von f_3 durchbohrend, gleichzeitig wurde auch das Rektalthermometer an seine Stelle gebracht. Während der ganzen Vorbereitungen wurde Chloroform in geringer Menge (gelegentliche Tropfen auf die Maske) weiter gegeben. 4 Uhr 41 Minuten konnte mit Ablesungen bei dem in tiefer Narkose befindlichen Tier begonnen werden. Es war ein kühler Tag, die Zimmertemperatur bei Beginn der Ablesungen betrug 16,3° R, am Ende derselben 17,0° R. Leider zeigte es



Kurve 7.

sich sofort, daß das Rektalthermometer, das, da die bei 30° beginnenden Thermometer zerbrochen waren, mit seiner Skala erst gegen 35° anfing, nicht ausreichte, weil die Rektaltemperatur zwischen 33° und 34° betrug. Ich kann mir diesen enormen Temperaturabfall nur aus den Nachwirkungen der schweren,

Zeit	Großhirntemperatur	Kleinhirntemperatur
4 Uhr 41 M.	35,80°	36,50°
42 „	35,82	36,55
43 „	35,90	36,60
44 „	35,98	36,62
45 „	36,05	36,69
46 „	36,10	36,70
47 „	36,10	36,70
48 „	36,10	36,70
49 „	36,12	36,75
50 „	36,15	36,72
51 „	36,15	36,72
52 „	36,15	36,75
53 „	36,20	36,80
55 „	36,21	36,81
57 „	36,25	36,86
59 „	36,39	36,83
5 „ 01 „	36,45	36,86
3 „	36,41	36,90
5 „	36,40	36,96
7 „	36,50	37,08
9 „	36,57	37,10
10 „	36,55	36,14
11 „	36,60	37,19
12 „	36,70	37,22
13 „	36,79	37,29
14 „	36,82	37,30
16 „	36,91	37,40
17 „	36,92	37,42
18 „	36,94	37,50
19 „	36,89	37,50
20 „	36,90	37,50

fast tödlich endenden Asphyxie erklären. Es mußte daher von einer Ablesung der Rektaltemperatur abgesehen werden und die folgende Zusammenstellung enthält nur die Temperaturen, welche die im Großhirn und Kleinhirn liegenden Thermometer anzeigten. Die verabreichte Chloroformmenge betrug im ganzen 20 ccm.

Während der ganzen Zeit wurde die Haut und die Muskulatur mit einer Pinzette möglichst entfernt von dem an seiner Stelle liegenden Kleinhirnthermometer gehalten. Bei Beginn der Ablesungen bestand eine tiefe Narkose, die durch weiteres Zugießen von Chloroform auf die Maske in ziemlich gleicher Tiefe weiter erhalten wurde. 4 Uhr 55 Minuten wurde die Maske von dem tief narkotisierten Tier entfernt. 5 Uhr 5 Minuten schlief das Tier noch und konnte kein Kornealreflex erhalten werden. 5 Uhr 7 Minuten machte das Tier einige Bewegungen und das Vorhandensein des Kornealreflexes konnte eben nachgewiesen werden. 5 Uhr 9 Minuten war das Tier ziemlich wach und 5 Uhr 10 Minuten begann das vollständig erwachte Tier wohl infolge der schmerzenden Operationswunde am Nacken, welche auseinandergehalten werden mußte, zu schreien. 5 Uhr 11 Minuten wurde von neuem Chloroform gegeben; 5 Uhr 13 Minuten war der Kornealreflex wieder erloschen; 5 Uhr 16 Minuten war eine tiefe Narkose erzielt; 5 Uhr 20 Minuten in tiefer Narkose, als sich an der Großhirntemperatur die Tendenz abzusinken eben wieder geltend zu machen begann, wurden beide Thermometer entfernt und die Nackenwunde vernäht. Das Tier war noch längere Zeit benommen und erholte sich nur langsam von den Nachwirkungen der schweren durch Asphyxie komplizierten Narkose. Betrachten wir die Kurve 7 etwas genauer, ohne jedoch zunächst auf, an die Beobachtungen sich anschließende, theoretische Ausführungen, welche in einem späteren Abschnitte dieser Arbeit Platz finden sollen, einzugehen. Wir sehen, daß im Beginn der Ablesung, trotz Fortsetzung der Narkose, Kleinhirn- und Großhirntemperaturen rasch ansteigen. In Übereinstimmung mit der beachteten subnormalen Rektaltemperatur kann dies wohl nur so gedeutet werden, daß wir auch da die Nachwirkung der schweren Asphyxie vor uns haben und der allgemeine, mit derselben einhergehende Temperaturabfall seine allmähliche Ausgleichung erfährt. 4 Uhr 55 Minuten, bei dem Pfeil 1, wird das Chloroform weggelassen, in dem vorangehenden Teil der Kurve, in der die Großhirntemperatur wieder stark, die Kleinhirntemperatur fein ausgezogen ist, sieht man, daß beide Kurven keineswegs genau parallel verlaufen. Die Großhirntemperatur steigt rascher an als die Kleinhirntemperatur; die Temperaturzunahme für das Großhirn beträgt in 14 Minuten 0,41°, am Kleinhirn 0,31°, jedoch ist die Kleinhirntemperatur von Anfang an eine höhere als diejenige des Großhirns. Den einzelnen Zacken *A B C* der Großhirnkurve entsprechen nicht gleich ausgezeichnete Punkte der Kleinhirnkurve, wie man aus der Eintragung der synchronen Marken A^1, B^1 und C^1 ersieht, ferner entspricht einem Gipfel *a* der Kleinhirnkurve keine analoge Veränderung der Großhirntemperatur. Nach dem Weglassen des Chloroforms jenseits des Pfeiles 1 steigen beide Temperaturkurven an. 5 Uhr 7 Minuten wird das Vorhandensein des Kornealreflexes nachgewiesen. Die Großhirntemperatur hat in dieser Zeit, d. h. in 12 Minuten um 0,20°, das Kleinhirn um 0,27° zugenommen, also eine ziemlich gleiche Zunahme

an beiden Stellen, obwohl die einzelnen Zacken der Großhirnkurve bei *D* zum Beispiel keine entsprechenden gleichzeitigen Schwankungen der Kleinhirntemperaturkurve aufweisen und andererseits die Kleinhirnkurve eine selbständige Erhebung bei *δ* erkennen läßt. 5 Uhr 10 Minuten, bei Pfeil *2*, ist das Tier vollständig wach und beginnt zu jammern, vielleicht steht damit die Zacke bei *H* in Beziehuug, die ein Analogon an der Kleinhirnkurve nicht besitzt. Der Temperaturanstieg von Pfeil *1* bis Pfeil *2*, also von dem Zeitpunkt, in dem die Chloroformierung ausgesetzt wird bis zu dem vollständigen Erwachen des Tieres, beträgt in 15 Minuten für die Kleinhirntemperatur 0,33°, für die Großhirntemperatur 0,34°, also fast genau gleichviel für beide Stellen. Bei Pfeil *3*, 5 Uhr 11 Minuten setzt die neue Narkose ein. 5 Uhr 13 Minuten ist der Kornealreflex erloschen (bei *M*), in diesen 2 Minuten hat das Großhirn um 0,19°, das Kleinhirn nur um 0,10° zugenommen, so daß sich hier deutlich die energischere Reaktion der Großhirntemperatur zu erkennen gibt; auch nach dem Erlöschen des Kornealreflexes steigen beide Temperaturen weiter an und die Großhirntemperaturkurve läßt bei *N* (5 Uhr 18 Minuten) einen deutlichen Gipfel erkennen. Die weitere Zunahme von *M* bis *N*, von dem Erlöschen des Kornealreflexes bis zu dem Gipfel der Kurve, beträgt für das Großhirn 0,15°, für das Kleinhirn 0,21°, so daß nunmehr das letztere den größeren Anstieg in 5 Minuten aufzuweisen hat. Vergleichen wir nun die Gesamtanstiege unter der neuen Chloroformwirkung von *L* (Pfeil 3) ab, so nimmt in 7 Minuten die Großhirntemperatur um 0,34°, die Kleinhirntemperatur um 0,31° zu, also eine Zunahme um annähernd gleiche Beträge an beiden Stellen. Ein Unterschied zeigt sich nur insofern, als der Temperaturanstieg im Großhirn rascher erfolgt als im Kleinhirn, es scheint eben diejenige Stelle zu sein, welche zuerst von dem, ihm durch das Blut übermittelten, Reiz getroffen wird, erst später reagiert in analoger Weise das Kleinhirn. Non *N* an (5 Uhr 18 Minuten) fällt die Großhirntemperatur ab, während die Kleinhirntemperatur ihr Steigen eingestellt hat und ihre Kurve horizontal verläuft, auch hier zeigt sich also wieder, dass die Reaktion der Großhirntemperatur derjenigen des Kleinhirns zeitlich vorangeht.

VIII. Versuch am 1. November 1909.

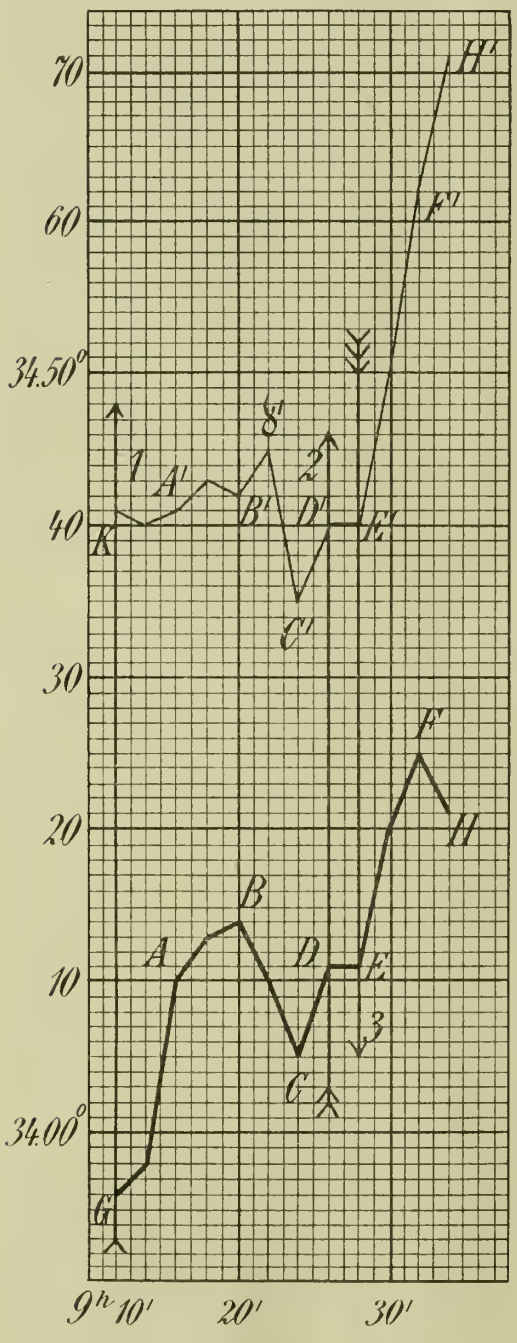
Ein letzter Versuch wurde abends gegen $8^1/_2$ Uhr in dem für physiologische Zwecke reservierten Laboratorium der psychiatrischen Klinik angestellt. Zugegen waren nur 2 Ärzte und 1 Diener. Die Zimmertemperatur betrug während der Zeit der Ablesungen 19° C. Es wurde sofort eine tiefe Chloroformnarkose eingeleitet, in derselben wurde über dem linken Parietale ein Einschnitt bis auf den Knochen angelegt und die beiden Hautlappen bis auf die Galea abgehebelt und zurückgenäht, so daß der Knochen in größerer Ausdehnung bloßlag. Nachdem an dieser Stelle ein Bohrloch angelegt war, wurde über der linken Nackengegend

ein zweiter Einschnitt gemacht, die Muskeln und das Periost abgehebelt und Haut und Muskulatur durch seitliche Nähte so fixiert, daß auch hier der Knochen bloßlag. In diesem Augenblick setzte bei dem Schimpanse, dem vorsichtig weiter Chloroform gegeben worden war, wieder eine tiefe Asphyxie ein, so daß zunächst das Chloroform weggelassen und künstliche Atmung gemacht werden mußte. Trotz aller, mehrere Minuten lang fortgesetzten, Bemühungen schien das Tier sich nicht wieder zu erholen, so daß ich schon von weiteren Versuchen abstehen wollte, als langsam die Atmung wieder begann und nach einigen weiteren Minuten wieder regelmäßig wurde. Die Operation konnte also fortgesetzt werden, erfuhr aber sofort die erneute Störung, indem beim Anbohren an der hinteren Operationsstelle der Sinus transversus getroffen wurde. Die starke Blutung konnte durch Eindrücken von dem, von HORSLEY für die Schädelknochen angegebenen, Wachsgemenge rasch gestillt werden, jedoch mußte etwas nach unten zu ein neues Bohrloch angelegt werden und wurde durch dasselbe das Kleinhirnthermometer in die linke Kleinhirnhemisphäre eingeschoben. 9 Uhr 2 Minuten lagen endlich beide Thermometer an ihren Stellen, die Narkose wurde durch gelegentlich auf die Maske aufgeträufelte Chloroformtropfen unterhalten. 9 Uhr 12 Minuten konnte mit den Ablesungen begonnen werden, welche in der Tabelle zusammengestellt sind.

Infolge des unglückseligen Zufalles, daß auch hier wieder sich eine noch schwerere Asphyxie wie bei dem 7. Versuch mit nachfolgendem Kollaps einstellte, haben wir auch hier wieder subnormale Temperaturen vor uns. Gleich bei Beginn der Ablesungen wurde das Chloroform entfernt, das bis dahin nur noch ganz vorsichtig aufgeträufelt worden war. Trotzdem ist 9 Uhr 12 Minuten notiert, daß der Schimpanse tief schläft und schnarcht; 9 Uhr 20 Minuten schläft das Tier immer noch und fehlt der Kornealreflex, dessen Verhandensein kurz vor der Ablesung 9 Uhr 26 Minuten bei *D* festgestellt wird. Das Tier machte dann einige Bewegungen, reagierte 9 Uhr 28 Minuten etwas auf Kneifen in die Lippen, war jedoch nicht völlig wach. Kurz vor *E* wurde dem Tier eine große Menge Chloroform gegeben in der Absicht es zu töten. 9 Uhr 32 Minuten war der Kornealreflex wieder erloschen und schlief das Tier tief. 9 Uhr 34 Minuten wurden nach dem Beginn des Absinkens der Großhirntemperatur die Ablesungen abgebrochen, die Thermometer entfernt und das Tier durch weitere Chloroformgetötet; bereits 9 Uhr 36 Minuten setzte die Atmung aus.

Gehen wir auch auf diese Kurven trotz der abnormen Bedingungen, unter denen sie erhalten wurden, etwas näher ein, so sehen wir zunächst die auffallende Tatsache, daß zwar die Großhirntemperatur bis zum Einsetzen des Kornealreflexes in 14 Minuten um 0,15° zunimmt, daß jedoch die Kleinhirntemperatur nach mancherlei Schwankungen um 0,01° abgenommen hat. Vielleicht läßt sich das aber so erklären, daß nach dem schweren Kollaps eben aus Ängstlichkeit nur so

wenig Chloroform gegeben wurde, daß es nur auf die höheren Zentren einwirkte und überhaupt keine Wirkung mehr auf das Kleinhirn ausübte. Bei der neuen Chloroformierung von *E* an, steigt das Kleinhirn energischer an als das Großhirn, welches in 4 Minuten eine Zunahme von 0,14° zu verzeichnen hat, während das Kleinhirn in derselben Zeit um 0,22° angestiegen ist. Von *F* (9 Uhr 32 Minuten) an fällt die Großhirntemperatur schon ab, während das Kleinhirn noch ansteigt und eine Gesamtzunahme von 0,31° aufzuweisen



Kurve 8.

Zeit	Großhirntemperatur	Kleinhirntemperatur
9 Uhr 12 Min.	33,96°	34,41°
14 „	33,98	34,40
16 „	34,10	34,41
18 „	34,13	34,43
20 „	34,14	34,42
22 „	34,10	34,45
24 „	34,05	34,35
26 „	34,11	34,40
28 „	34,11	34,40
30 „	34,20	34,50
32 „	34,25	34,62
34 „	34,21	34,71

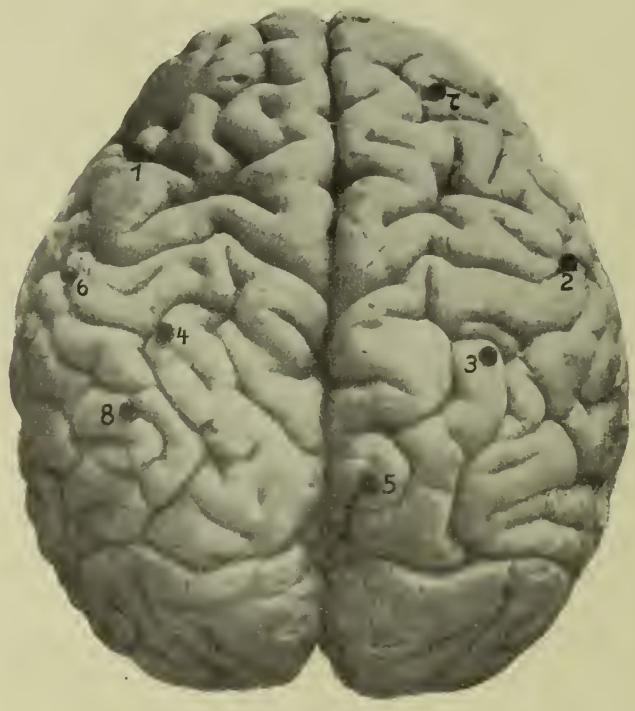
hat, es nimmt bei Einleitung der neuen Narkose genau ebensoviel zu, wie bei dem vorigen 7. Versuch (von *L* ab). Das Kleinhirn zeigt also keine Veränderung in seiner Anspruchsfähigkeit gegenüber der exzitierenden Wirkung des Chloroforms, so daß die eben geäußerte Ansicht, daß die fehlende Temperaturzunahme bis zum Einsetzen des Kornealreflexes auf die mangelnde Wirkung des Narkotikums auf diese tieferen Gehirnteile infolge der Oberflächlichkeit der Narkose zurückzuführen sei, die richtige sein dürfte. Dagegen hat die Großhirntemperaturkurve eine deutliche Veränderung

wohl infolge des schweren vorangehenden Kollapses, der natürlich auf die höchsten Zentren seine energischste Wirkung äußern wird, erfahren. Noch 20 Minuten nach dem Kollaps beträgt die Temperaturzunahme im Großhirn nur 0,14° für die Zeit bis zum Auftreten des Kornealreflexes; im 7. Versuch betrug diese Zunahme das doppelte 0,29°. Daß diese geringere Zunahme nicht ebenso wie am Kleinhirn etwa auf eine oberflächliche Narkose zurückzuführen ist, scheint daraus hervorzugehen, daß auch die Reizwirkung des Chloroforms auf die Großhirntemperatur eine geringere geworden ist, während sie am Kleinhirn die gleiche blieb. Die Großhirntemperatur erfährt eine Zunahme von 0,14° bis zum Abfall, während dieselbe im Versuch VII 0,34°, also auch mehr als das doppelte betrug. Man kann ungezwungen dies nur so erklären, daß eben durch die tiefe Asphyxie mit dem anschließenden Kollaps gerade die empfindlichsten Teile des Nervensystems eine Schädigung erfahren haben, die sich in der nächsten halben Stunde noch nicht ganz ausgeglichen hat und ich glaube, daß wir uns bei dieser Annahme unbedenklich auf Erfahrungen beim Menschen stützen können.

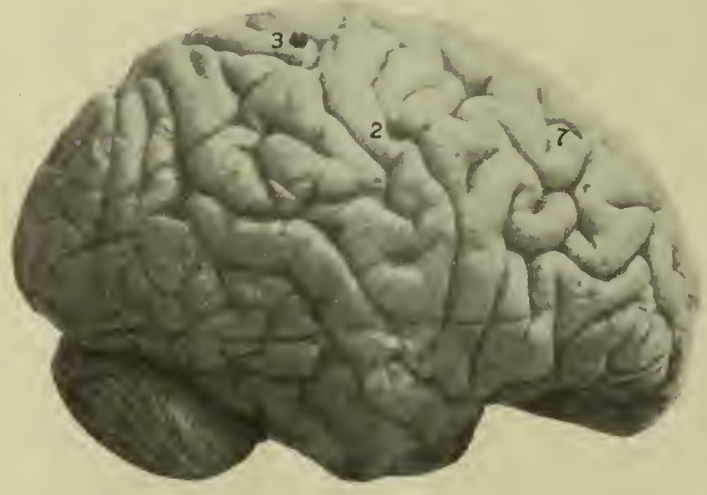
Die im Anschluß an diesen Versuch vorgenommene Sektion des Schimpanse ergab an den inneren Organen der Bauchhöhle einen normalen Befund, dagegen war die Spitze der linken Lunge mit der Pleura costalis fest verwachsen und fanden sich in dem linken Oberlappen an umschriebener Stelle feine Knötchen welche schon nach dem makroskopischen Befund als Tuberkelknötchen gedeutet werden konnten. Andere Teile der Lunge und alle anderen Organe, welche eigens darauf durchgesehen wurden, waren frei davon. Die mikroskopische Untersuchung hat die Diagnose bezüglich des Lungenbefundes bestätigt, während die andereu Organe auch bei mikroskopischer Durchsicht sich als normal erwiesen. Das Schädeldach ist überall gut verknöchert, die im Verhältnis zum menschlichen Kinde etwas dicke Dura haftet dem Schädeldach fest an, ihre Innenfläche ist bleich und glatt und läßt nirgends Blutaustritte usw. erkennen. Auch eine Besichtigung der basalen Dura nach Entfernung des Gehirns ergibt einen ganz normalen Befund, ebenso kann an dem herausgenommenen Rückenmark nichts Krankhaftes festgestellt werden. Die Pia des Großhirns ist durchweg zart, der Subpialraum enthielt eine geringe Menge klarer Flüssigkeit, nirgends finden sich subpiale Blutungen usw. Nur an der Trepanationsstelle über der linken zweiten Stirnwindung, an der auch der Knochen in Pfenniggröße fehlte, war Pia und Dura verwachsen und bestand eine etwa erbsengroße Einsenkung der Großhirnoberfläche mit leicht gelblicher Verfärbung der Umgebung. Nur bei genauerem Nachsehen und unter Zuhilfenahme der am Schädeldach leicht erkennbaren Bohrlöcher können die Punktionsstellen am Gehirn aufgefunden werden. Beifolgende Abbildung 1 veranschaulicht nach Abziehen der Pia die durch eingeführte, mit einem schwarzen Kopf versehenen Stecknadeln deutich gemachten Punktions-

stellen unter Angabe der Nummer des zugehörigen Versuchs. Abbildung 3 zeigt die Lage der Punktionsstellen in den seitlichen Teilen des Kleinhirns.

Einschnitte an den Punktionsstellen ergaben, daß nur ganz lokale, auf den Punktionskanal und dessen nächste Umgebung beschränkte Veränderungen vorlagen. Das frische Gehirn in der üblichen Weise am Ende der Medulla oblongata vom Rückenmark abgetrennt, wog mit seinem Pialüberzug 345 g, das Körpergewicht des Tieres betrug ca. 7,5 kg, so daß das Gehirngewicht etwa 4,6% des Körpergewichtes betragen würde. Da es sich um ein etwa dreijähriges Tier handelt, so hätten wir bei eventuellen Vergleichen das Gewicht eines dreijährigen menschlichen Kindes heranzuziehen, da nach BREHMS Angaben die Entwicklung beim Schimpansen und Menschen sich etwa gleichmäßig vollzieht. Nach VIERORDT [1]) ist das prozentische Gewicht des Gehirns beim menschlichen Kinde für Knaben 8,86 %, also fast der doppelte Wert von dem, den ich beim dreijährigen männlichen Schimpanse fand. Die Länge des Gehirns vom Okzipital- bis zum



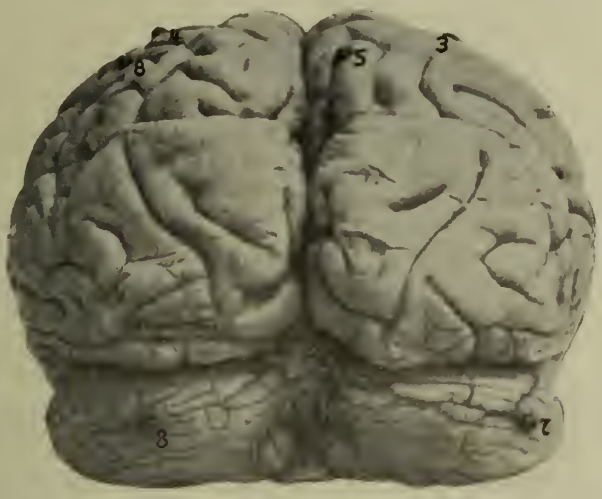
Figur 1.



Figur 2.

1) VIERORET, Daten und Tabellen für Mediziner. Jena 1906. 3. Aufl. S. 38.

Frontalpol betrug 10,7 cm, die größte Breite des Großhirns 10,5 cm, während der Kopfumfang 33,5 cm maß, so daß die beigegebenen photographischen Abbildungen, welche die reiche Gliederung der Rindenoberfläche und die große



Figur 3.

Übereinstimmung mit der des Menschen erkennen lassen, die Verhältnisse in $^{9}/_{10}$ natürlicher Größe wiedergeben. Natürlich sind die Punktionsstellen viel kleiner als die schwarzen Stecknadelköpfe, denn die Thermometergefäße haben einen Durchmesser von nur 1,5 mm.

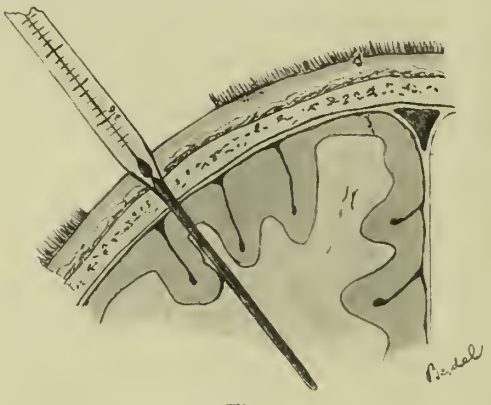
b) Beobachtungen am Menschen.

Die Beobachtungen am Menschen wurden gelegentlich notwendig werdender Hirnpunktionen angestellt. Durch NEISSER und POLLACK ist, wie schon oben erwähnt, die Hirnpunktion in die Diagnostik der Herderkrankungen des Gehirns eingeführt worden und obwohl die Ansichten über den Wert dieser neuen Methode noch geteilt sind, so neigt man doch in den Kreisen der Neurologen mehr zu einer Auffassung, welche in derselben eine Bereicherung unseres diagnostischen Schatzes sieht. Jedenfalls sind aber alle darüber einig, daß diese Methode eben nur dann Anwendung finden dürfe, wenn genaue neurologische Untersuchungen, am besten zu wiederholten Malen, vorangegangen sind und den wahrscheinlichen Sitz des Herdes und somit die Punktionsstelle ergeben haben. Wir wenden seit Sommer 1908 in solchen Fällen, bei denen die Indikation eines chirurgischen Eingriffes nahe zu liegen scheint, die Hirnpunktion an. Wir geben dabei der von PFEIFER angegebenen Modifikation des NEISSER-POLLACKschen Besteckes den Vorzug. Die Bohrer, welche durch einen Elektromotor angetrieben werden, haben einen etwas größeren Durchmesser als die NEISSERschen, und die von PFEIFER angegebene Platiniridiumnadel ist vorn stumpf und besitzt einen Durchmesser von ca. 1,5 mm. Nachdem an der zu punktierenden Stelle die Haare in Fünfmarkstückgröße abrasiert, die Punktionsgegend in der üblichen Weise desinfiziert ist, wird entweder unter Lokalanästhesie mit Äthylchlorid oder in allgemeiner Narkose mit dem Bohrer Haut und Knochen in wenigen Sekunden durchbohrt, dann die Dura mit der an den Rändern angeschärften, jedoch ohne Spitze versehenen Platiniridiumnadel durchstoßen und nach Entfernung des Mandrins unter gleichzeitigem Ansaugen mit einer gut schließenden Spritze in die Tiefe gegangen. Die an der Nadel angebrachte Zentimeterteilung gestattet zu erkennen, wie tief man eingegangen ist. Indem man unter ständigem Saugen an der an die Hohlnadel angeschlossenen Spritze die Nadel zurückzieht, wird ein feines Zylinderchen

von Gehirnsubstanz mit herausgerissen, das schon makroskopisch Rinde und Marksubstanz deutlich unterscheiden läßt. Nach nochmaliger Reinigung der Punktionsstelle mit Äther wird dann ein Pflasterverband angelegt. Das Gehirnsubstanzzylinderchen wird gehärtet, eingebettet, geschnitten und gefärbt, so daß nach wenigen Stunden schon schöne mikroskopische Präparate von der durch die Punktion getroffenen Hirnstelle vorliegen. In dem durch die Punktion und das Ansaugen des Zylinderchens geschaffenen, in das Innere des Gehirns hineinreichenden Hohlraum von in maximo 1,5 mm Durchmesser wollte ich die Temperaturmessungen, unmittelbar anschließend an die eben so ausführlich geschilderte Verfahren, ausführen. Es handelte sich nun darum, hierfür geeignete Thermometer zu beschaffen, da ich zunächst von thermoelektrischen Messungen absehen wollte. Gelegentlich einer Rücksprache mit Herrn Prof. A. BÖTTCHER, dem Direktor der staatlichen präzisionstechnischen Anstalten in Ilmenau, versprach mir derselbe, nach den von mir mitgeteilten Maßen feine Instrumente anfertigen zu lassen und nach einigen Wochen war ich im Besitz einer größeren Anzahl äußerst feiner und allen Anforderungen entsprechender Thermometer. Zu den Beobachtungen beim Menschen habe ich nur einen einzigen dieser Thermometer verwendet, derselbe wurde ständig in einem mit $1\,^0/_{00}$ Sublimatlösung gefülltem Glasgefäß aufgehoben und nur kurz vor dem Einsetzen in die Schädelhöhle herausgenommen, einige Zeit mit frischer sterilisierter physiologischer Kochsalzlösung abgespült und dann eingeführt. Die Maße dieses Gehirnthermometers waren folgende: die Länge des Quecksilbergefäßes betrug 38 mm, der Durchmesser dieses Gefäßes war 1,5 mm. Die Einteilung begann bei $35{,}5^0$ und reichte bis 42^0, ein Grad hatte eine Länge von 14 mm und war in $^1/_{10}{}^0$ geteilt. Infolge eines geeigneten Schliffes des im oberen Teil dreikantigen Glases wurde schon durch die Glaswand selbst eine beträchtliche Vergrößerung des äußerst feinen Quecksilberfadens erzielt. Zur Ablesung wurden ferner 6—8mal vergrößernde Lupen, aus der optischen Werkstätte von CARL ZEISS bezogen, verwendet. Jenseits des Gefäßes besitzt das Thermometer einen konisch zulaufenden, in den breiteren, die Skala tragenden Teil überführenden Abschnitt, bis zu diesem wurde das Thermometer in den Knochen eingeschoben. Beifolgende Abbildung, welche die Verhältnisse in $^9/_{10}$ natürlicher Größe wiedergibt und welche von mir unter Benutzung frischen Leichenmaterials und der von PONFICK[1]) veröffentlichten Tafeln entworfen wurde, gestattet die Lage des eingeführten Thermometers zu erkennen. Es ist eine Lage des Thermometers in F_2 angenommen, alle Einzelheiten ergeben sich ohne Weiteres aus der Skizze, auf der nur das Thermometergefäß eine Kleinigkeit zu stark geraten ist, die sonst aber alle richtigen Maße aufweist.

1) PONFICK, Topographischer Atlas der med.-chirurg. Diagnostik. Jena 1900—1905, Tafel XXVIII, Fig. 4.

Das zugehörige, ebenfalls aus den präzisionstechnischen Anstalten in Ilmenau bezogene Rektalthermometer, welches vorwiegend verwendet wurde, hatte eine Gefäßlänge von 33 mm, bei einem Durchmesser des Quecksilbergefässes von 3 mm. An das Gefäß schloß ein 21 cm langes ungeteiltes Stück an und erst dann begann die von $35{,}5^0$—$38{,}5^0$ reichende Einteilung in $^1/_{20}{}^0$ bei einer Gradlänge von 20 mm. Das Rektalthermometer wurde meist 4—5 cm tief, bis zu einer durch einen durchbohrten Korkstopfen markierten Stelle in das Rektum eingeschoben, ein zweiter mit Drahtstützen versehener Korkstopfen, welcher oben jenseits der Teilung lag, gestattete, daß das eingeführte Rektalthermometer nach seiner Einführung von selbst horizontal festlag. Es konnte über den in Seitenlage befindlichen, bis auf das Hemd entkleideten Patienten eine Bettdecke gelegt werden, so daß vermöge des langen Zwischenstückes die Einteilung des Rektalthermometers sich außerhalb der den ganzen Patienten umhüllenden Bettdecke befand. Es erwies sich dies bei verschiedenen Versuchen entschieden als vorteilhafter, da durch das Bloßliegen eine ständige Abnahme der Körpertemperatur, allerdings nur um wenige Zehntelgrade bedingt wird. Ich nahm daher lieber den kleinen, durch die Länge des im übrigen äußerst feinen Quecksilberfadens bedingten Fehler mit in Kauf, als daß ich mich der Gefahr zu großer Abkühlung aussetzte. Natürlich wurde auch das Rektalthermometer mit der Lupe abgelesen. Die Mehrzahl der Messungen wurde in Narkose angestellt, da es sich bei unseren Hirnpunktionen herausgestellt hatte, daß doch sehr häufig bei lokalisierten Herderkrankungen eine Überempfindlichkeit der anzubohrenden Schädelgegend besteht, welche durch Lokalanästhesie in der Form des Äthylchlorids nicht genügend ausgeschaltet werden kann, um mit Sicherheit irgendwelche Nebenverletzungen bei eventuellen plötzlichen Kopfbewegungen des Patienten zu vermeiden.



Figur 4.

Es braucht wohl kaum hervorgehoben zu werden, daß streng aseptisch bei den doch nicht ganz harmlosen Eingriffen vorgegangen wurde. Natürlich kommen für diese Untersuchungen hier nur Punktionen in Frage, bei denen das Thermometer innerhalb normaler Gehirnsubstanz lag, denn eine Messung innerhalb einer zystisch degenerierten Geschwulst des Gehirnes usw. kann kaum Anspruch auf Verwertung in unserem Sinne machen. Wenn ich von allen Punktionen, bei denen der Stichkanal in einer vorliegenden Gehirngeschwulst oder in

sonst pathologisch verändertem Gehirngewebe lag, absehe, so bleiben sieben Beobachtungen, welche ich anzustellen Gelegenheit hatte, übrig. Von diesen sieben Beobachtungen sind fünf in Narkose und nur zwei im Wachszustand der Patienten vorgenommen worden. Es liegt in der Natur eines diagnostischen Verfahrens, wie es die Hirnpunktion darstellt, daß nie zwei Beobachtungen an demselben Fall angestellt wurden. In allen sieben Fällen lagen aber die Thermometer in normaler Hirnsubstanz in der oben skizzierten Weise eingebettet. Bei nachfolgenden, von Herrn Geh. Rat RIEDEL ausgeführten Operationen konnte ich mich in vivo von der Lage des für die Temperaturmessung benutzten Punktionskanals überzeugen, in den anderen Fällen wies auch der an dieser Stelle herausgenommene Hirnzylinder normale Hirnsubstanz auf. Die Beobachtungen sind zum großen Teil vor den Versuchen am Schimpanse angestellt, nachdem ich mich bei wiederholten Versuchen an Hunden von der Unerheblichkeit eventueller speziell durch die Thermometereinführung bedingter Nebenverletzungen auch an mikroskopischen Schnitten überzeugt hatte. Auch vom Menschen liegen mir mikroskopische Schnitte einer zur Messung benutzten Punktionsstelle vor. Dieselben zeigen streng lokalisierte, den Punktionskanal wie einen Ring umschliessenden Veränderungen von der Breite von Bruchteilen eines Millimeters. Bedenkt man, daß das Thermometer ebenso wie die Nadel einen Durchmesser von 1,5 mm hatte, so würde dem Thermometerquerschnitt ein Flächenraum von 2,4 qmm entsprechen, welcher von der Gesamtrindenoberfläche von ca. 1877 qcm also 187700 qmm verloren geht. Die Hauptgefahren, welche bei derartigen Messungen drohen, sind erstens die Infektion, welche aber bei entsprechenden, genau wie bei einer großen Operation innezuhaltenden, antiseptischen resp. aseptischen Vorgehen vermieden werden kann und von uns in allen Fällen vermieden wurde. Jedenfalls scheint ein derartiges Vorgehen unbedenklicher als durch eine eventuelle tuberkulöse oder syphilitische Knochenfistel einen Thermometer in den Subduralraum einzuführen, denn in derartigen Fällen läßt es sich gar nicht vermeiden, daß trotz aller Desinfektion Bazillen oder Spirochaeten aus der Wunde eventuell in den für eine derartige Infektion äußerst geeigneten Subdural- und Subpialraum eingeführt werden. Ich würde jedenfalls den Mut für eine solche Einführung durch eine infizierte Knochenfistel wegen der damit verbundenen Verantwortung nicht haben. Bei unseren Messungen handelt es sich um die Nebeneffekte notwendiger Eingriffe und doch würde ich es für unverantwortlich halten, den Patienten durch die begleitenden Messungen in irgendeiner Weise zu schädigen. Während sich die Infektionsgefahr dank des Verantwortlichkeitsgefühles aller Beteiligten leicht vermeiden ließ, bereitete mir eine andere Gefahr immer wieder große Sorge, nämlich die Gefahr des Abbrechens des feinen Gehirnthermometers an der Knochenoberfläche bei einer eventuellen unvorhergesehenen Bewegung des Narkotisierten. Zwar war bei den Vorbereitungen für

die Punktion und bei dem Auskochen der nötigen Instrumente auf dieses eventuelle Ereignis, das glücklicherweise nie eintrat, bereits Rücksicht genommen worden und standen bei den Punktionen selbst immer genügende ärztliche Hilfskräfte zu sofortigen weiteren Vorgehen bereit, aber trotzdem war es für mich immer ein unheimliches Gefühl, diese Eventualität im Auge behalten zu müssen. Andererseits stand mir auch die Hilfe der chirurgischen Universitätsklinik jederzeit zur Verfügung und wurden ja bei den punktierten Patienten eben gerade auf Grund des Punktionsergebnisses hin chirurgische Eingriffe später vorgenommen, so daß das Unglück eines Abbrechens des Thermometers nicht so groß gewesen wäre, wenn auch allerdings die Messungsstelle meist nicht im Zentrum der späteren Trepanationsstelle lag. Dank des aufmerksamen Zusammenarbeitens aller bei diesen Beobachtungen beteiligten Kollegen gelang es aber auch diese große Gefahr, welche doch immerhin bei ihrem Eintritt eine Schädigung des Patienten bedeutet haben würde, zu vermeiden. Wie oben mitgeteilt, ereignete es sich ja bei dem Schimpanse gleich bei dem ersten Versuch, daß das Thermometer abbrach und sein Gefäß, noch mit Quecksilber gefüllt, erst bei einer späteren Trepanation entfernt werden konnte. Ich war bei den Punktionen am Menschen immer sehr froh, wenn das Thermometer, dessen Entfernung immer glatt von statten ging, wieder in seinem Sublimatgefäß sich befand und die Temperaturmessungen bei den Patienten an den, den Punktionen nachfolgenden Tagen normale Temperaturen ergaben, wie dies, von der leichten abendlichen Temperatursteigerung am Tage der Punktion bis $37{,}5^0$ in axilla abgesehen, regelmäßig der Fall war. Natürlich durften die Beobachtungszeiten, bei denen doch ein Fremdkörper — einen solchen stellt auch die aseptische Thermometerspitze dar — nicht zu lange im Gehirn liegen, so daß die mitzuteilenden Kurven mit einer Ausnahme erheblich kürzer sind als die vorangehenden, vom Schimpanse herrührenden Kurven. Die Ablesungen wurden von zwei verschiedenen Herren am Rektal- und am Gehirnthermometer unter Lupenbenutzung vorgenommen, ein dritter Herr notierte die ihm mitgeteilten Zahlen und gab die Ablesungszeiten an, ein vierter Herr überwachte die Narkose, während die anderen anwesenden Ärzte diesen beistanden. Vor der Narkose hatten die Patienten, welche in keinem Falle in der vorangehenden Zeit Temperatursteigerungen dargeboten hatten, natürlich gehungert. Ich werde nun im folgenden die sieben Beobachtungen nicht chronologisch geordnet, sondern so mitteilen, wie dieselben innerlich zusammenzugehören scheinen. Ich glaube, daß gleich wertvolle Beobachtungen am Menschen trotz Mossos Mitteilungen noch nicht veröffentlich worden sind, da bei seinen Untersuchungen die Thermometer sich keineswegs im Inneren des menschlichen Großhirns befanden, sondern höchstens im Subduralraum lagen und zwar unter ziemlich ungünstigen Nebenumständen, wie breiter Eröffnung des Schädels usw. Ich beginne mit den fünf Beobachtungen, welche in der Narkose angestellt wurden,

von denen die letzte bereits deutliche pathologische Erscheinungen zeigt, die sich aber auch mit gewissen von MOSSO mitgeteilten Tierexperimenten decken. Unsere Versuche am Schimpanse wurden nur angestellt zur Vervollständigung und Ergänzung der von MOSSO gewonnenen und von mir in den folgenden Blättern mitzuteilenden Materiales.

Beobachtung I. Lz.

F. Lz. 29 Jahre alt, ist erblich belastet, indem seine Mutter „schwach im Kopfe" sein soll. Er hat eine normale Entwicklung durchgemacht, hat gut gelernt und war Soldat gewesen. Er galt für einen intelligenten Arbeiter.

Seit neun Monaten klagte er über starke Kopfschmerzen und hatte gelegentlich Erbrechen. Er wurde in seinem geistigen Verhalten verändert, auffallend interesselos und ohne Teilnahme für seine eigene Familie, für die er bis dahin gut gesorgt hatte. In den letzten zwei Monaten deutliche Zunahme der Kopfschmerzen und gelegentlich kurze Verwirrtheitszustände, in denen er sinnlose Handlungen ausführte, z. B. ein Billet nach Amerika kaufte, in den Kinderwagen urinierte usw.

Die körperliche Untersuchung ergab an den inneren Organen einen normalen Befund. Die Untersuchung des Nervensystems ergab folgendes:

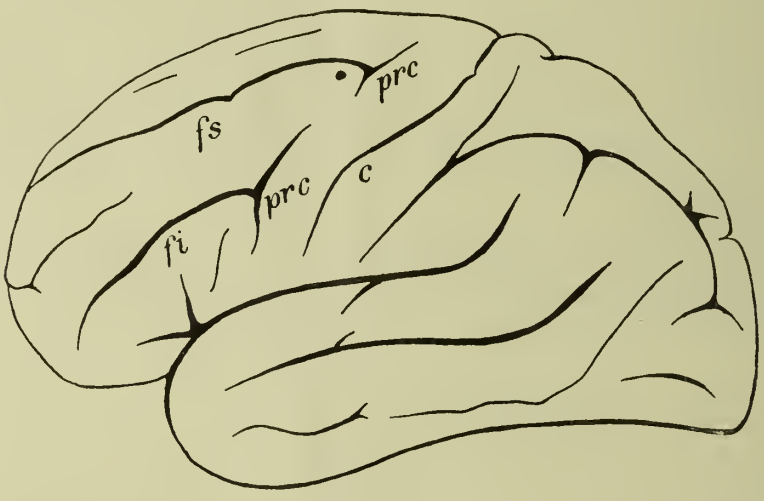
Kniephaenomen: R. > L.
Patellarklonus: beiderseits, R. > L.
Achillesphaenome: R. > L.
Dorsalklonus: beiderseits, R. > L.

Starkes ROMBERGsches Schwanken. Ataktische Bewegungen des rechten Beines. Händedruck: R. 80, L. 110 kg. Geruch: R. > L. Schädelperkussion in der vorderen Hälfte, namentlich links schmerzhaft. Im übrigen normaler Befund am Nervensystem und auch am Augenhintergrund. Im psychischen Verhalten bot Lz. außer einer gewissen Verlangsamung der intellektuellen Prozesse nichts Krankhaftes dar. Er war genau örtlich und zeitlich orientiert, rechnete selbst kompliziertere Exempel richtig, aber ziemlich langsam aus, hatte auch sonst gute Kenntnisse. Nachdem eine zwei Monate lang fortgesetzte, sehr energische Jodkalibehandlung keine Besserung gebracht hatte, wurden über dem Stirnhirn in Narkose zwei Punktionen ausgeführt, bei denen normale Gehirnsubstanz entfernt wurde. An der in F_2 links gelegenen Punktionsstelle deren genaue Lokalisation aus der Abbildung 5, einem OBERSTEINERs bekannten Werke [1]) entnommenen Schema, hervorgeht, wurden Temperaturmessungen ausgeführt. Die Punktions-

1(OBERSTEINER, Nervöse Zentralorgane. IV. Aufl., 1901, S. 110, Fig. 23.

stelle ist wie in allen folgenden Beobachtungen als kleiner schwarzer Kreis eingetragen.

Die Beobachtungen wurden Nachmittags gegen 5 Uhr vorgenommen, bei denselben waren sechs Ärzte beteiligt. Die Zimmertemperatur bei Beginn der Ablesungen betrug ebenso wie am Ende derselben 20,5° C. Im ganzen war 75 ccm Chloroform gebraucht worden und war der Narkose ein sehr langes Exzitationsstadium vorangegangen, obwohl Alkoholabusus in Abrede gestellt worden war. 4 Uhr 59 Minuten lagen beide Thermometer an ihren Stellen und obwohl ich mich durch Vorversuche überzeugt hatte, daß nach 3 Minuten die Thermometer mit absoluter Sicherheit die Temperatur der Umgebung anzeigen, so wurde doch 10 Minuten zugewartet, bis die Ablesungen 5 Uhr 9 Minuten

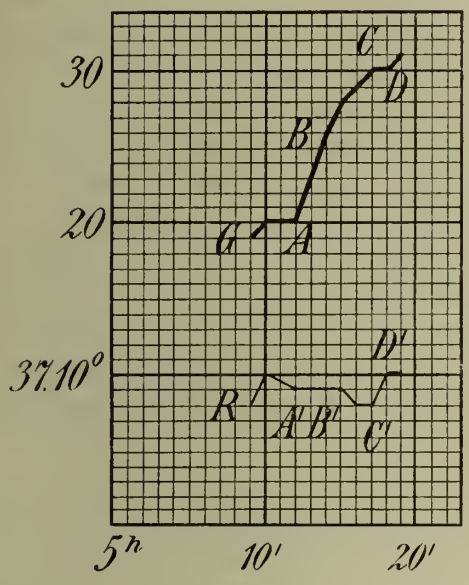


Figur 5.

begannen, welche in folgender Tabelle zusammengestellt sind. Die Kurve ist wie alle vorangehenden so angelegt, daß die starke Linie der Gehirn-, die schwache der Rektaltemperatur entspricht.

Bis 5 Uhr 9 Minuten wurde vorsichtig weiter Chloroform aufgegossen und der Patient so in Narkose erhalten. 5 Uhr 9 Minuten wurde dann die Maske entfernt, bereits nach 5 Minuten: 5 Uhr 14 Minuten konnte der Kornealreflex festgestellt werden. 5 Uhr 15 Minuten schlug Patient einmal die Augen auf. 5 Uhr 17 Minuten reagierte er auf Anruf durch unverständliches Murmeln 5 Uhr 18 Minuten seufzte er tief auf und begann zu jammern. 5 Uhr 19 Minuten machte er einige heftige Körperbewegungen, so daß das Gehirnthermometer sofort entfernt werden mußte. Das Rektalthermometer brach bei der Bewegung an seinem freien Ende ab. Der Patient ermunterte sich sehr rasch weiter und fühlte sich am Abend nur von der Narkose etwas mitgenommen.

Ich will auf den weiteren Verlauf des trotz der Gehirnpunktion nicht geklärten Falles, bei dem doch eine interkranielle Neubildung das Wahrscheinlichste ist, nicht eingehen, da dieses für unsere jetzigen Beobachtungen belanglos ist.



Kurve 9.

Wir sehen an der Kurve 9, daß in diesem Falle die Gehirntemperatur höher ist als die Rektaltemperatur und während der 10 Minuten umfassenden Beobachtungszeit

Zeit	Gehirn-temperatur	Rektal-temperatur
5 Uhr 9 Min.	37,19°	37,08°
10 „	37,20	37,10
12 „	37,20	37,09
14 „	37,26	37,09
15 „	37,28	37,09
16 „	37,29	37,08
17 „	37,30	37,08
18 „	37,30	37,10
19 „	37,31	37,10

weiter zunimmt, während die Rektaltemperatur wesentliche Schwankungen nicht aufzuweisen hat. Die Gehirntemperaturkurve verläuft bis *A* horizontal und steigt dann ziemlich rasch, d. h. um 0,06° in 2 Minuten an und nach diesem Anstieg bis *B* ist auch 5 Uhr 14 Minuten das Wiedervorhandensein des Kornealreflexes beobachtet; während der Patient nun weiter wach wird, steigt die Gehirntemperatur weiter an, so daß die Gesamtzunahme bis zur Reaktion auf Anruf bei *C* (5 Uhr 17 Minuten) in 5 Minuten 0,1° beträgt, während die Rektaltemperatur in dieser Zeit um 0,01° abgenommen hat. Vergleichen wir diese Kurve mit einer der beim Schimpanse gewonnenen Kurven, so zeigt sich ohne weiteres schon bei einem oberflächlichen Vorgehen, daß die menschlichen intrazerebralen Temperaturschwankungen sicherlich viel weniger ausgiebige sind als bei dem dreijährigen Schimpanse, jedoch wir hier zunächst auf Einzelheiten nicht eingehen und uns die genauere Besprechung dieser auffallenden Differenzen bei annähernd gleichen Versuchsbedingungen auf einen späteren Abschnitt dieser Arbeit aufheben. In Übereinstimmung mit anderen Feststellungen haben wir also schon bei dieser ersten Beobachtung eine Zunahme der Temperatur des Großhirns beim Erwachen aus der Narkose gefunden.

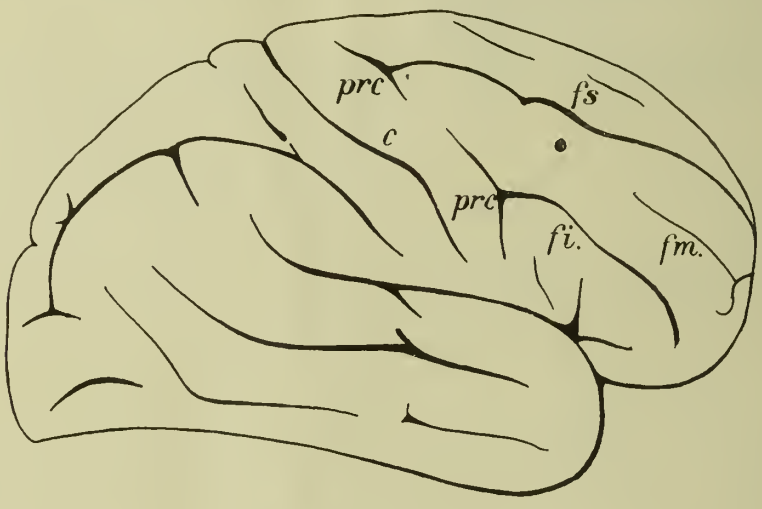
Beobachtung II. Hd.

K. Hd. 12 Jahre alt, ist erblich nicht belastet. Die Geburt war eine normale, jedoch sehr schwere. Er hatte bis zu dem Alter von $^3/_4$ Jahren ver-

einzelte Krampfanfälle, die dann vollständig schwanden. Er hat rechtzeitig laufen und sprechen gelernt. In der Schule soll er sehr leicht lernen und ein gutes Gedächtnis besitzen.

Seit dem 11. Lebensjahre besteht anfallsweise, namentlich in der Nacht einsetzender intensiver Kopfschmerz mit Übelkeit und stundenlang anhaltendem Erbrechen. Diese Zustände treten alle 4—5 Wochen auf und sind nie mit Bewußtseinsverlust oder Zuckungen verknüpft gewesen. Eine einige Monate lang fortgesetzte poliklinische Behandlung mit leichten Bromdosen erwies sich als erfolglos. Die Zustände traten in der letzten Zeit auch am Tage auf und er wurde uns daher von seinem Arzte mit der Diagnose Hydrozephalus wieder zugesandt.

Die Untersuchung ergab an den inneren Organen einen durchaus normalen Befund. Der Kopfumfang betrug 56 cm, der Schädel war nirgends auf Perkussion empfindlich. Die Pupillen waren über mittelweit, gleich, rund und reagierten normal. Die Kniephänomene waren eher abgeschwächt, irgendwelche deutliche Herdsymptome fanden sich nicht, auch der Augenhintergrund ließ krankhafte



Figur 6.

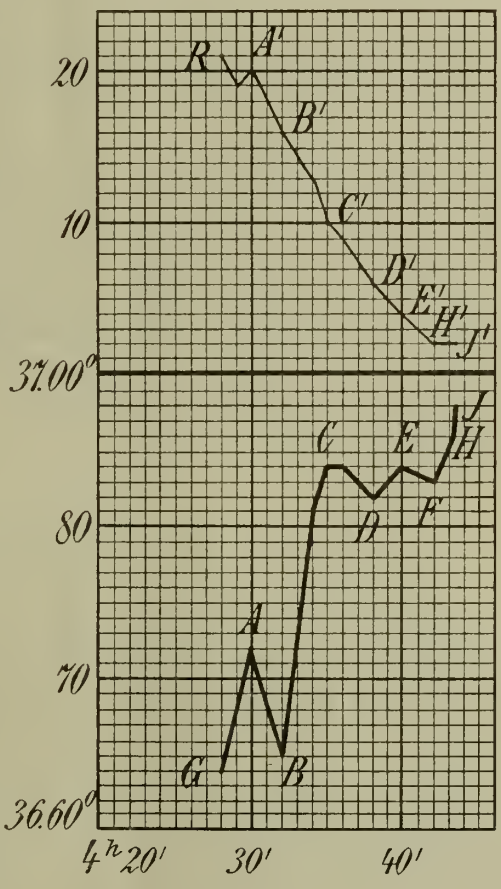
Veränderungen nicht erkennen. Im Nasenrachenraum fanden sich ausgedehnte Wucherungen. Das geistige Verhalten war ein normales, er war genau über Ort und Zeit orientiert; kannte die Namen des Landesfürsten, des Kaisers usw., wußte in der Geographie Europas einigermaßen Bescheid und rechnete Exempel wie 12×13 usw. rasch und richtig aus. Auch seine Merkfähigkeit war eine gute. Es wurden zunächst von einem Spezialisten die Wucherungen im Nasen- und Rachenraume entfernt, um zu sehen, ob vielleicht nicht dadurch die schweren Anfälle von Kopfschmerz und Erbrechen verhindert werden könnten. Da sich aber diese Behandlung, ebenso wie die Brommedikation als erfolglos erwies, wurde

aus diagnostischen Gründen, um den Zeitpunkt für einen eventuellen chirurgischen Eingriff nicht zu versäumen, die Schädelpunktion ausgeführt, welche mit Sicherheit feststellen ließ, daß ein Hydrozephalus nicht bestand und daß an der punktierten Stelle normale Gehirnsubstanz vorlag. Auch in diesem Falle brachte die Hirnpunktion keine volle Aufklärung und nach wie vor besteht der Verdacht auf eine langsam wachsende Neubildung, deren Sitz vielleicht die weitere Beobachtung durch Auftreten von deutlichen Ausfallserscheinungen erkennen lassen wird.

Die Punktion wurde nachmittags gegen 4 Uhr unter Mithilfe von 4 Ärzten und einer Schwester ausgeführt. Die Zimmertemperatur bei Beginn der Ablesungen betrug 21,0° C, am Ende derselben 21,5° C; es wurde im ganzen etwa 20 ccm Chloroform verbraucht, die Narkose trat leicht ein und verlief normal. Die Temperaturmessungen im Gehirn wurden an einer in F_2 *r* gelegenen, auf der Abbildung 6 eingetragenen Stelle vorgenommen.

Die Thermometer lagen 4 Uhr 23 Minuten an ihren Stellen, 4 Uhr 28 Minuten wurde schon mit den Ablesungen begonnen. Die abgelesenen Zahlen sind folgende:

Zeit	Gehirn-temperatur	Rektal-temperatur
4 Uhr 28 Min.	36,64°	37,21°
29 „	36,68	37,19
30 „	36,72	37,20
32 „	36,65	37,16
34 „	36,81	37,13
35 „	36,84	37,10
36 „	36,84	37,09
38 „	36,82	37,06
40 „	36,84	37,04
42 „	36,83	37,02
43 „	36,86	37,02
43·5 „	36,88	37,02



Kurve 10.

Beim Einlegen der Thermometer befindet sich Hd. in tiefer Narkose, dieselbe wird bis zu dem Beginn der Ablesungen um 4 Uhr 28 Minuten durch weiteres Aufgießen von Chloroform unterhalten, mit dem Beginn der Ablesungen wurde die Chloroformmaske entfernt. 4 Uhr 29 Minuten treten einige Brech-

bewegungen auf und erbrach der Patient etwas Schleim. 4 Uhr 30 Minuten konnte bereits das Vorhandensein des Kornealreflexes festgestellt werden, jedoch lag Patient immer noch ruhig schlafend da. Auch 4 Uhr 40 Minuten reagierte er noch nicht auf energische Hautreize wie Kneifen usw., 4 Uhr 42 Minuten reagierte er jedoch auf lauten, in sein Ohr gerufenen Namensanruf mit „Hm", 4 Uhr 43 Minuten öffnete er die Augen, lachte die neben ihm sitzende Schwester an und war 4 Uhr 43,5 Minuten ganz wach, so daß die Thermometer entfernt wurden. In der letzten Zeit der Ablesung wurden am Gehirnthermometer kleine, weniger als 0,01 ° umfassende unregelmäßige Oszillationen wahrgenommen, welche sonst nicht wieder beobachtet wurden. Die Kurve 10, bei der um Platz zu sparen, eine Zusammenschiebung in der Höhe, welche durch den Querstrich angedeutet ist, stattgefunden hat, zeigt, daß die Rektaltemperatur erheblich höher ist als die intrazerebrale Temperatur. Nach dem raschen Anstieg bis *A* (um 4 Uhr 30 Minuten) wird das Wiedereintreten des Kornealreflexes festgestellt. Was den Abfall bis *B* bedingt, ist ebensowenig erkennbar wie ein Grund für die aufgesetzten Zacken *C* und *E*, denen analoge Erhebungen der stetig abfallenden Rektalkurve nicht entsprechen. Auch 10 Minuten nach Feststellung des Kornealreflexes reagiert bei *E* (4 Uhr 40 Minuten) der Patient noch nicht auf Hautreize, während 2 Minuten später bei *F* eine Reaktion auf Gehörreize vorhanden ist und dann rasch innerhalb von $1\frac{1}{2}$ Minuten unter weiterem Anstieg der Gehirntemperatur das völllge Erwachen sich vollzieht. Wir sehen hier, wie beim Erwachen aus der Narkose die Gehirntemperatur in 15,5 Minuten um 0,24 ° zunimmt, während die Rektaltemperatur in dieser Zeit um 0,19 ° absinkt. Eine wesentliche Ergänzung dieser beiden Beobachtungen wird die Beobachtung III darbieten, zu der wir jetzt übergehen wollen.

Beobachtung III. Ths.

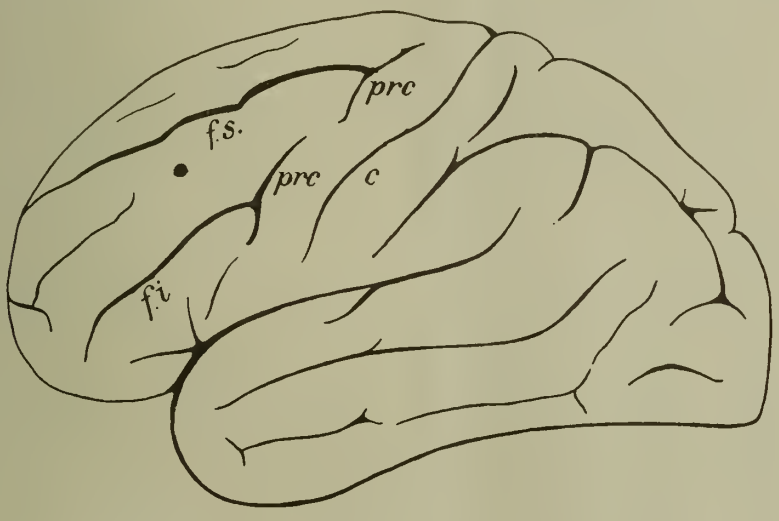
H. Ths. 11 Jahre alt, ist erblich ebenfalls nicht belastet. Seine Entwicklung war eine vollständig normale, er hat in der Schule sehr gut gelernt und besuchte mit gutem Erfolge das Gymnasium. Seit ca. $1\frac{1}{4}$ Jahr klagte der Knabe öfters über Kopfschmerz, er wurde vergeßlicher und das Lernen fiel ihm schwerer. Vier Monate nach dem ersten Auftreten dieser leichten psychischen Veränderung trat der erste, mit Bewustseinsverlust und Erbrechen einhergehende, epileptiforme Krampfanfall auf. In den nächsten Monaten wiederholten sich gelegentlich diese Anfälle, jedoch traten auch vereinzelt solche bei vollständig erhaltenem Bewußtsein auf, welche mit Schnalzen der Zunge begannen, dann zu Zuckungen im rechten Mundwinkel und im rechten Arm führten. In letzteren Anfällen konnte Patient bei erhaltenem Sprachverständnis nicht sprechen. Der Knabe wurde leider erst elf Monate nach dem ersten Krampfanfall auf Anraten

eines wegen Abnahme der Sehschärfe konsultierten Augenarztes der Klinik zugeführt.

Die Untersuchung ergab an den inneren Organen einen normalen Befund; dagegen fanden sich bei Untersuchung des Nervensystems deutliche Ausfallserscheinungen:

Die Kniephaenomene waren lebhaft, jedoch gleich. Achillesphaenomen: R. > L. Kein Babinski. Parese des Rectus internus am linken Auge. Pupillen: über mittelweit, gut reagierend. Mundfazialis: L. > R. Zunge: leicht nach links abweichend. Geruch: l. herabgesetzt. Doppelseitige Stauungspapille. Kopfperkussion in der linken Parietalgegend von eigentümlichen („schätterndem") Klang und daselbst stark schmerzhaft.

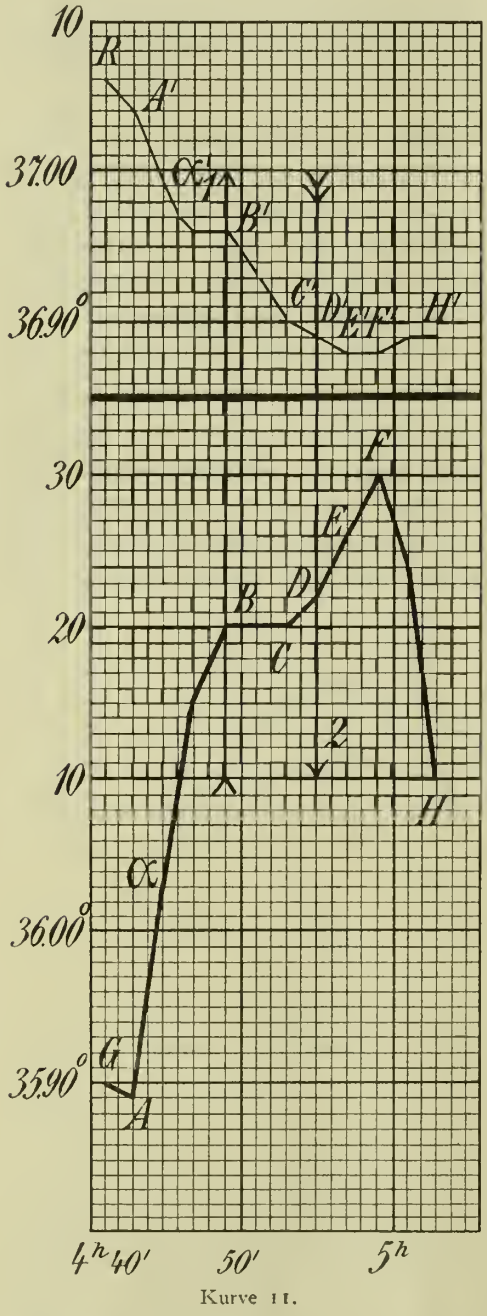
In seinem geistigen Verhalten bot der Knabe keine Abweichungen dar, er war genau orientiert, hatte gute Kenntnisse und rechnete komplizierte Exempel rasch und richtig aus. Er übersetzte richtig aus dem Lateinischen usw. Nur gelegentlich bei stärkerem Kopfschmerz konnte auch eine deutliche Erschwerung aller intellektuellen Funktionen festgestellt werden. Es bestand nach dem Untersuchungsbefund kein Zweifel, daß eine in der linken Schädelhälfte sich entwickelnde Geschwulst vorliege, die einzig und allein operativ behandelt werden könne. Auch



Figur 7.

die Lokalisation in der unteren Hälfte der vorderen Zentralwindung war aus den klinischen Erscheinungen ohne weiteres gegeben und eine Hirnpunktion kam nur insofern in Frage, um die Ausdehnung der krankhaften Veränderungen und die Natur der Geschwulst schon vor der Operation in der chirurgischen Klinik festzulegen. Die Hirnpunktion wurde nachmittags gegen 4 Uhr ausgeführt, der

Knabe wurde narkotisiert, an dem Eingriff nahmen vier Ärzte und eine Schwester teil. Die Temperaturmessungen wurden an einer nach vorn gelegenen Punktionsstelle in F_2, links, welche auf Abbildung 7 angedeutet ist, ausgeführt. Daselbst lag normale Gehirnsubstanz vor, während die Geschwulst sich vorliegend nach hinten zu entwickeln hatte.



Kurve 11.

Die Zimmertemperatur betrug bei Beginn der Ablesungen 19° C, am Ende derselben 19,5° C. 4 Uhr 31 Minuten lagen beide Thermometer an ihren Stellen und 4 Uhr 41 Minuten wurde mit den Ablesungen begonnen. Es waren bis dahin etwa 20 ccm Chloroform verbraucht worden, die Narkose war glatt verlaufen. Die abgelesenen Zahlen enthält folgende Zusammenstellung:

Zeit	Gehirntemperatur	Rektaltemperatur
4 Uhr 41 Min.	35,90°	37,06°
43 „	35,89	37,04
45 „	36,03	36,99
46 „	36,09	36,97
47 „	36,15	36,96
49 „	36,20	36,96
51 „	36,20	36,93
53 „	36,20	36,90
55 „	26,22	36,89
57 „	36,26	36,88
59 „	36,30	36,88
5 „ 1 „	36,24	36,89
3 „	36,10	36,89

Bei Beginn der Ablesungen war Ths. noch in tiefer Narkose. 4 Uhr 41 Minuten wurde die Maske entfernt. 4 Uhr 43 Minuten ist notiert, daß Patient noch tief schläft, 4 Uhr 45 Minuten macht er einige Brechbewegungen, ohne daß es jedoch zum Erbrechen gekommen wäre, jetzt konnte bereits das Vorhandensein des Kornealreflexes nachgewiesen werden. 4 Uhr 49 Minuten reagierte er auf lauten Anruf durch Öffnen der Augen und 4 Uhr 53 Minuten erfolgten auf Hautreize wie Kneifen usw. Abwehrbewegungen. 4 Uhr 55 Minuten

wurde die mit Chloroform getränkte Maske wieder vor das Gesicht gebracht, bereits 4 Uhr 57 Minuten war der Kornealreflex wieder erloschen und 5 Uhr 3 Minuten war wieder eine tiefe Narkose erzielt. Es wurden die Thermometer entfernt und dann die Punktion vorgenommen, welche die Begrenzung der Geschwulst nach hinten ergeben sollte, was auch glatt gelang. Betrachten wir nun etwas genauer die schöne Kurve 11, welche die beste von meinen in Narkose aufgenommenen Kurven darstellt und sich von den anderen auch dadurch auszeichnet, daß in diesem Falle die Lage des Thermometers bei der einige Wochen nach der nur palliativen Operation erfolgten Obduktion am Gehirn kontrolliert und auf Grund des Befundes die oben mitgeteilte Abbildung 4 entworfen werden konnte. Ebenso wie bei Kurve 10 ist wieder die Rektaltemperatur höher als die Gehirntemperatur und steigt die letztere rasch an, während die erstere langsam abfällt. Nachdem die Gehirnkurve nach einem kurzen Abfall bis *A* in 2 Minuten um 0,14° angestiegen war, wurde bei *a* (4 Uhr 45 Minuten) das Wiederauftreten des Kornealreflexes festgestellt. Bei *B* (4 Uhr 49 Minuten) nach einem weiteren erheblichen Anstieg reagierte Ths. auf Anruf, so daß er als ziemlich aus der Narkose erwacht bezeichnet werden muß, von *A* bis *B* hatte also in 6 Minuten die Gehirntemperatur um 0,31° zugenommen, während die Rektaltemperatur in derselben Zeit um 0,08° abgesunken war. Es war bisher bei meinen Versuchen nicht der Eintritt der Narkose mit seinen Wirkungen auf die Gehirntemperatur beobachtet worden, da ja erst nach der Punktion, deren Schmerzen eben betäubt werden sollten, das Thermometer eingesetzt werden konnte. Bei Ths. handelte es sich um mehrere Punktionen zur Feststellung der Ausdehnung der sofort aus dem Hirnzylinderchen als gliomatöse Neubildung erkannten Geschwulst. Man mußte rein theoretisch folgern, daß dem Anstieg der Gehirntemperatnr beim Erwachen aus der Narkose ein entsprechender Abfall vorangehe und um dies festzustellen, wurde für die notwendige weitere Punktion 6 Minuten nach der Reaktion auf Anruf von *D* an (4 Uhr 55 Minuten) die Narkose wieder eingeleitet und es stieg von dem Pfeil 2 an, der den Beginn der neuen Narkose anzeigen soll, die Gehirntemperatur rasch an. Nach 2 Minuten bei *E* nach einem Anstieg von 0,04° war der Kornealreflex erloschen, der Anstieg der Gehirntemperatur setzte sich bis *F* (5 Uhr 59 Minuten) fort, also 4 Minuten lang seit Beginn der neuen Narkose und dabei hatte die Gehirntemperatur im ganzen um 0,08° zugenommen, während die Rektaltemperatur einen kleinen Abfall um 0,01° aufzuweisen hatte. Von *F* an erst erfolgte der erwartete sehr rapide, in 4 Minuten 0,20° betragende Abfall der Gehirntemperaturkurve, während die Rektaltemperatur in dieser Zeit um 0,01° anstieg und dann konstant blieb. Sicherlich würde sich der Abfall der Gehirntemperatur bei weiterem Andauern der Beobachtungen auch in den folgenden Minuten haben feststellen lassen, da sich aber alles Wichtige ergeben hatte, sah

ich keinen Grund, die nötige weitere Punktion durch Fortsetzung der Ablesungen noch länger zu verzögern.

Beobachtung IV. Lnd.

K. Lnd., 38 Jahre alt, Arbeiter, ist erblich nicht belastet. Seine Entwicklung in der Jugend war eine etwas verzögerte, indem er später als andere Kinder laufen und sprechen lernte. Er war ein kränkliches Kind, lernte in der Schule nicht gut und blieb gleich im 1. Schuljahr sitzen; lernte in den späteren Jahren aber besser. Er war kurze Zeit Soldat und wurde dann wegen Kurzsichtigkeit entlassen. Er hatte Gelenkrheumatismus und eine Lungenentzündung in früheren Jahren überstanden. Über Alkoholabusus war nichts bekannt; von dem Patienten selbst wurde er entschieden bestritten.

Seit 5 Wochen hatte er sich bei dem Patienten eine Schwäche beider Beine eingestellt, er hatte öfters starken Kopfschmerz und Erbrechen.

Die Untersuchung ergab wieder an den inneren Organen einen normalen Befund, dagegen konnten am Nervensystem Ausfallserscheinungen nachgewiesen werden:

Kniephänomene: R>L. Händedruck: R>L. Mundafizialis: L<R. Zunge: etwas nach R. abweichend vorgestreckt. Pupillen: prompt reagierend. Nystagmus, welcher während der Beobachtungszeit an Intensität zunahm. Schmerzempfindlichkeit allgemein gesteigert. Kopfperkussion in den hinteren Partien, namentlich R. sehr schmerzhaft. Gang unsicher, schwankend. Am Augenhintergrund Venen erweitert, die Grenzen der Papille namentlich R. unscharf, jedoch keine Stauungspapille. Über sein psychisches Verhalten ist zu bemerken, daß Lnd. zwar genau orientiert war, jedoch recht schlechte Schulkenntnisse besaß und auffallend stumpf erschien.

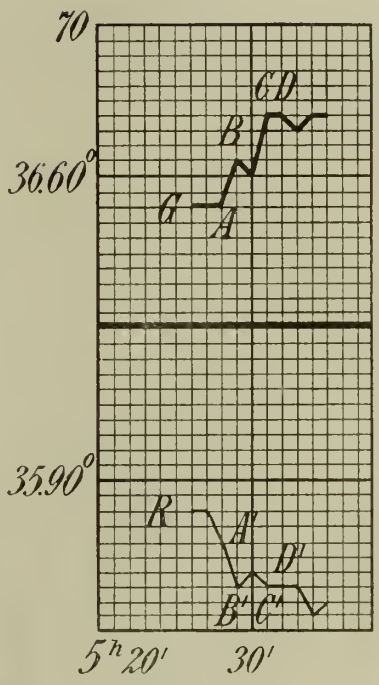
Eine Herderkrankung des Kleinhirns erschien als das Wahrscheinlichste und da namentlich die Perkussionsempfindlichkeit auf die rechte hintere Schädelgrube hinwies, so wurde daselbst an der von NEISSER angegebenen Stelle eine diagnostische Hirnpunktion vorgenommen.

Dieselbe wurde nachmittags gegen $4^1/_2$ Uhr unter Mithilfe von 5 Ärzten ausgeführt. Lnd. brauchte ziemlich viel Chloroform, gegen 50 ccm. Die Punktion ging glatt vonstatten, der angesaugte Kleinhirnzylinder ließ Rinde und Mark deutlich erkennen, bei der mikroskopischen Untersuchung erschien das Gliagewebe unbedeutet vermehrt. 5 Uhr 16 Minuten lagen die Thermometer an ihren Stellen und 5 Uhr 26 Minuten wurde mit den Ablesungen begonnen. Es war ein ziemlich warmer Tag, die Zimmertemperatur betrug bei Beginn der Ablesungen 24 C und blieb bis zu Ende derselben die gleiche. Die ungefähre Lage der Punktionsstelle, wie sie unter Zuhilfenahme von geeigneten Präparaten festgelegt werden konnte,

ergibt beifolgende Abbildung 8, welche nach einer im 2. Bande des Dejerineschen Werkes[1]) enthaltenen Photographie entworfen ist.

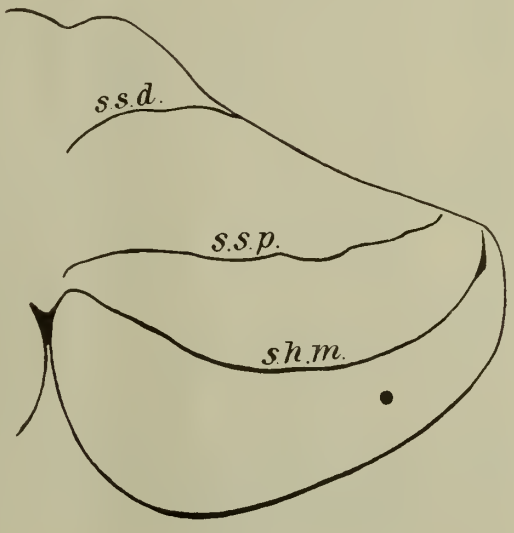
Die Ablesungen selbst enthält folgende Zusammenstellung:

Zeit	Kleinhirn-temperatur	Rektal-temperatur
5 Uhr 26 Min.	36,58°	35,88°
27 „	36,58	35,88
28 „	36,58	35,86
29 „	36,61	35,83
30 „	36,60	35,84
31 „	36,64	35,83
32 „	36,64	35,83
33 „	36,63	35,83
34 „	36,64	35,81
35 „	36,64	35,82



Kurve 12.

Bei Beginn der Ablesungen befindet sich Lnd. in tiefer Narkose, 5 Uhr 26 Minuten wird die Chloroformmaske entfernt. 5 Uhr 29 Minuten konnte das Wiederauftreten des Kornealreflexes eben nachgewiesen werden, 5 Uhr 32 Minuten reagiert Lnd. auf Hautreize, obwohl er dazwischen immer wieder schnarchte. 5 Uhr 34 Minuten machte er einige aktive Bewegungen, antwortete auf Fragen sinngemäß. 5 Uhr 35 Minuten wurden die Thermometer entfernt. Der Wundverlauf war ein vollständig glatter, jedoch hat auch in diesem Falle die Hirnpunktion die gewünschte Aufklärung nicht bringen können. Bei dieser Beobachtung ist die Kleinhirntemperatur erheblich höher als die sehr niedrige Rektaltemperatur. Die Kurven selbst weisen im Gegensatz zu den vorangehenden äußerst geringe Schwankungen auf, jedoch steigt auch hier die Kleinhirnkurve an, während die Rektaltemperatur abfällt. Nach einem Anstieg von 0,03° in 1 Minute von *A* bis *B* wird das Auftreten des Kornealreflexes festgestellt. Bis zum Erwachen



Figur 8.

1) Dejerine, Anatomie des centres nerveux. Paris 1901, Tome II, pag. 461, Fig. 340.

aus der Narkose bei *D* (5 Uhr 32 Minuten) hat das Kleinhirn um 0,06° in 3 Minuten zugenommen. Es ist natürlich, daß gerade diese Beobachtung den Anlaß zum Einsetzen zweier Thermometer in das Zentralnervensystem des Schimpanse gegeben hat und wir werden später auf diese Beobachtung zurückkommen müssen.

Beachtung V. Hl.

A. Hl., 53 Jahre alt, Landwirtsfrau, ist insofern erblich belastet, als ihr Vater im Alter geistesgestört war und ihr eigener Bruder an Arterienverkalkung gestorben ist. Ihre Entwicklung in der Jugend war eine normale, sie war eine sehr gute Schülerin. Sie hat einen schweren Typhus und Diphtherie überstanden und sich mit dem 20. Lebensjahre verheiratet. Sie hatte eine normale Geburt, seit dem 30. Lebensjahre stellte sich eine Chorioretinitis am rechten Auge ein, über eine luetische Infektion konnte nichts in Erfahrung gebracht werden.

Im 50. Lebensjahre hatte Patientin einen „Nervenanfall", sie konnte einige Stunden lang sich nicht bewegen und auch nicht sprechen, soll dann wieder vollständig gesund gewesen sein bis zum 53. Lebensjahre. Zwei Monate vor der Aufnahme in die Klinik bekam Patientin in der Nacht plötzlich Erbrechen, es bestand starker linksseitiger Kopfschmerz und sie konnte das linke obere Augenlid nicht mehr heben. In den nächsten Tagen stellte sich eine vollständige Lähmung aller, das linke Auge bewegenden, Muskeln ein, die Sprache war erschwert und auch ihr geistiges Verhalten zeigte eine deutliche Veränderung; namentlich stellten sich auch lebhafte Angstzustände ein.

Die Untersuchung ergab außer einem kompensierten Herzfehler (Insufficientia valvulae mitralis) und deutlicher Schlängelung und Verhärtung aller sichtbaren Arterien einen normalen Befund an den inneren Organen. Die Untersuchung des Nervensystems ergab folgendes:

Kniephänome: gesteigert, gleich. Schmerzempfindlichkeit: allgemein etwas herabgesetzt. Berührungsempfindlichkeit: im Gebiete des V_1 aufgehoben. Kornealreflex: links fehlend. Gang: schwankend. Rombergsches Phänomen: vorhanden. Geruch: L. > R. Pupillen L. > R. Lichtreaktion, Konvergenzreaktion und konsensuelle Reaktion am linken Auge aufgehoben. Ptosis und Unbeweglichkeit des linken Auges. Sehschärfe an beiden Augen, namentlich rechts herabgesetzt. Augenhintergrund: rechts alte chorioretinitische Herde, links keine Veränderung, Gefäße der Papille schwach gefüllt. Schädelperkussion in der linken Stirn- und Schläfengegend sehr schmerzhaft.

In ihrem geistigen Verhalten bot die Patientin das Bild einer schweren Depression mit Angstzuständen, Selbstanklagen usw. dar. Es war eine deutliche

Verlangsamung der intellektuellen Prozesse, jedoch kein Intelligenzdefekt nachweisbar.

Eine monatelang in der Klinik durchgeführte Behandlung mit hohen Jodkali-Dosen und eine daran anschließende Quecksilber-Injektionskur brachten keinen Rückgang der objektiven Ausfallserscheinungen. Es trat immer wieder starkes Erbrechen auf und nach weiterem Zuwarten (vier Monate nach der Aufnahme) konnte eine Zunahme der Ausfallserscheinungen nachgewiesen werden. Die Reflexe, die früher gleich gewesen waren, zeigten eine deutliche Differenz; Kniephänome: R. > L. Achillesphänome: R. > L. Plantarreflex: L. > R. Anconaeusphänome: R. > L. Ferner stellten sich Zitteranfälle in den für kurze Zeit in tonische Spannung geratenden rechten Arm ein. Alle Erscheinungen deuteten auf eine Neubildung in der linken Schädelhälfte in der Gegend der Fissura orbitalis superior hin und da die ersten Erscheinungen über 3 Jahre zurücklagen, so konnte es sich doch wohl nur um eine gutartige Geschwulst handeln, deren eventuelle Entfernung durch einen chirurgischen Eingriff erwogen werden mußte. In der letzten Zeit hatten sich auch noch kurze Anfälle von Bewußtlosigkeit ohne Zuckungen, jedoch mit starkem Zähneknirschen und Trismus hinzugesellt.

Figur 9.

Zur Feststellung der Natur und Ausdehnung des Neoplasmas wurden in Narkose an 2 Stellen Schädelpunktionen ausgeführt und an der zweiten derselben Temperaturmessungen vorgenommen, da man an dieser Stelle auf normale Gehirnsubstanz gestoßen war. In Abbildung 9 ist die Punktionsstelle in F_1 links, an der die Messungen vorgenommen wurden, eingetragen; auch dieses Schema ist dem OBERSTEINER-schen Werke entnommen [1]).

In diesem Falle war die Schädelpunktion von ganz wesentlichem Werte, indem das Frgebnis derselben von einem chirurgischen Eingriff abraten ließ, da es sich nur um eine ganz in der Tiefe der mittleren Schädelgrube befindliche Neubildung handeln konnte, wie dies auch die viele Monate später vorgenommene Obduktion bestätigte.

Die Schädelpunktion wurde gegen 10 Uhr Vormittags in Chloroformnarkose unter Mithilfe von 4 Ärzten und einer Schwester ausgeführt. Die Narkose

1) l. c. S. 113, Fig. 25.

37.00°
90
80
70
60
50
40
30
20
10
36.00°
11h 20'
30'
40'
50'
12h
10'
20'
A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
A'
B'
C'
D'
E'
F'
G'
H'
i
k
l
1
2

Kurve 13.

ging glatt vonstatten, es wurden nur 15 ccm Chloroform verbraucht, die Zimmertemperatur bei Beginn der Ablesungen betrug 19,5° C und stieg bis zum Ende derselben auf 20,1° C an. 11 Uhr 15 Minuten lagen beide Thermometer an ihren Stellen und 11 Uhr 20 Minuten wurde mit den Ablesungen begonnen. Dieselben sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Zeit	Gehirntemperatur	Rektaltemperatur
11 Uhr 20 Min.	36,14°	36,28°
21 „	36,20	36,32
23 „	36,30	36,33
25 „	36,38	36,30
27 „	36,44	36,30
30 „	36,46	36,33
32 „	36,45	36,32
35 „	36,43	36,31
37 „	36,41	36,30
38 „	36,40	36,12
40 „	36,40	36,10
41 „	36,40	36,25
43 „	36,44	36,30
44 „	36,51	36,23
46 „	36,56	36,22
48 „	36,60	36,21
48 „ 30 Sek.	36,63	36,20
50 „	36,63	36,10
52 „	36,70	36,18
54 „	36,71	36,18
55 „	36,75	36,14
57 „	36,75	36,01
12 Uhr 00 „	36,79	36,01
1 „	36,84	35,90
4 „	36,86	36,40
6 „	36,88	36,13
8 „	36,92	36,12
10 „	36,95	39,31
12 „	36,98	36,10
12 „ 30 Sek.	36,98	36,12
14 „	37,00	36,03
16 „	37,00	36,02
17 „	37,03	36,08
19 „	37,03	36,18
21 „	37,03	36,33
22 „	37,07	36,30

Bei Beginn der Ablesungen befand sich, wie in allen vorangehenden Beobachtungen, die Patientin in tiefer Narkose, 11 Uhr 20 Minuten wurde die Chloroformmaske entfernt. 11 Uhr 30 Minuten ist notiert, daß die Patientin noch tief schläft, die Pupillen sehr eng sind und der Kornealreflex fehlt. 11 Uhr 37 Minuten sind die Pupillen etwas weiter, der Kornealreflex ist eben nachweisbar; Patientin macht einige Bewegungen mit den Beinen. 11 Uhr 38 Minuten stellen sich Brechbewegungen und Zähneknirschen ein, bei denselben wird das Rektalthermometer, wie im folgenden noch öfters, etwas hervorgedrängt und sinkt seine Temperatur infolgedessen ab. 4 Uhr 40 Minuten reagiert Patientin nicht auf Anruf, 4 Uhr 41 Minuten schnarcht sie wieder deutlich, auch 4 Uhr 44 Minuten erfolgt auf wiederholte Anrufe keine Reaktion. 4 Uhr 48 Minuten 30 Sekunden wird die erste Reaktion auf Hautreize (Kneifen) in der Form von Abwehrbewegungen beobachtet und 4 Uhr 50 Minuten antwortet Patientin auch auf Zuruf mit „Hm“. 4 Uhr 52 Minuten antwortet Patientin auf Fragen und schlägt die Augen auf. 4 Uhr 54 Minuten stellten sich Brechbewegungen ein und 4 Uhr 55 Minuten setzte einer der schon früher beobachteten, mit Zähneknirschen und starkem Trismus einhergehenden Anfälle mit Bewußtlosigkeit ein, bei demselben rutschte infolge starken Pressens das Rektalthermometer wieder etwas heraus, so daß seine Angaben unsichere sind. 12 Uhr ist der kurze Anfall vorüber. Patientin reagiert wieder auf Reize. 12 Uhr 1 Minute ist sie anscheinend fest eingeschlafen, reagiert 12 Uhr 6 Minuten auf Hautreize, schläft aber sofort wieder

ein. 12 Uhr 8 Minuten schläft Patientin fest, 12 Uhr 12 Minuten antwortet sie sinngemäß auf einige einfache Fragen; 12 Uhr 14 Minuten erfolgt auf Fragen keine Antwort, Patientin hält die Augen geschlossen. 12 Uhr 17 Minuten seufzt Patientin tief auf, als sie durch Schütteln an den Schultern geweckt werden soll und beginnt dann zu jammern. 12 Uhr 22 Minuten werden die Thermometer entfernt, ohne daß Patientin vollständig wach geworden wäre.

An der Kurve 13 fällt sofort der eigentümliche Verlauf der Rektalkurve auf, deren tiefe Abstürze aber dadurch bedingt sind, daß bei dem Pressen der Patientin trotz aller Aufmerksamkeit des ablesenden Beobachters immer wieder kleine Verschiebungen des Thermometers nach außen sich einstellten, so daß etwa eine Verbindungslinie der Gipfel der Rektalkurve den wahren Temperaturverlauf annähernd darstellen würde. Die Gehirntemperatur, welche bei Beginn der Ablesungen niedriger ist als die Rektaltemperatur, übersteigt dieselbe sehr rasch und zeigt Zunahmen, wie ich sie in keiner der anderen Beobachtungen feststellen konnte. Eine Ursache für den Gipfel *A* ist nicht auffindbar, bei *B* (11 Uhr 37 Minuten) ist zuerst das Wiederauftreten des Kornealreflexes beobachtet, das Gehirn hat bis dahin in 17 Minuten um 0,26° zugenommen, während das bis dahin noch gutliegende Rektalthermometer nur eine Zunahme von 0,02° aufzuweisen hat. Es hat den Anschein, als ob eintretende Brechbewegungen den weiteren Anstieg der Gehirntemperatur zunächst verzögerten, jedoch von *C* an erfolgt dann ein rascher Anstieg und bei *D* (4 Uhr 50 Minuten) ist Patientin aus der Narkose erwacht und antwortet auf Anruf. Die Gehirntemperatur hat bis zum Pfeil 1, der dem Erwachen aus der Narkose entsprechen soll, in 30 Minuten um 0,49° zugenommen, eine Zunahme, welche diejenige bei allen bisher mitgeteilten Beobachtungen weit übertrifft. Von *E* an (4 Uhr 54 Minuten) setzt dann ein mit Bewußtlosigkeit, Erbrechen, Zähneknirschen und Trismus einhergehender kurzer Anfall ein, der ein rasches weiteres Emporschnellen der Gehirntemperatur bedingt. 12 Uhr ist zwar dieser Anfall vorbei, jedoch ist 12 Uhr 1 Minute wohl schon wieder ein leichterer Anfall da, bei dem nur das Zähneknirschen usw. nicht so deutlich zutage trat, das Herauspressen des Rektalthermometers, wie sie in dem tiefen Abfall bei *H* sich objektiv zu erkennen gibt, spricht entschieden für diese Entstehung der neuen Reaktionslosigkeit. 12 Uhr 6 Minuten bei *J* ist die Reaktion auf Hautreize wieder da und bei *K* (12 Uhr 8 Minuten) ist sie schon wieder geschwunden, um erst 12 Uhr 12 Minuten wiederzukehren. Dasselbe Spiel wiederholt sich noch einmal; 12 Uhr 14 Minuten ist die Reaktion wieder geschwunden und erst 12 Uhr 17 Minuten kann Patientin durch Aufrütteln geweckt werden. Wir haben von *E* von Pfeil 2 an die Wirkung von 4 kleinen, mit Bewußtlosigkeit einhergehenden Anfällen vor uns, wie sie auch sonst bei der Patientin beobachtet und durch die Narkose und die Punktion wohl in ihrem Entstehen begünstigt wurden. Wir sehen, wie unter der Wirkung derselben in

28 Minuten die Gehirntemperatur um weitere 0,36° zunimmt, leider kann die Rektaltemperatur aus den oben angegebenen Gründen nicht zum sicheren Vergleich herangezogen werden. Nunmehr scheint sich aber auch der gewaltige Anstieg bei dem Erwachen aus der Narkose bis *D* (Pfeil 1) dadurch zu erklären, daß die Komplikation mit wenigstens einem kleinen Krampfanfall hinzukommt, denn 11 Uhr 38 Minuten ist notiert, daß Brechbewegungen und Zähneknirschen sich einstellten. Da Patientin eben noch nicht vollständig aus der Narkose erwacht war, konnte die Bewußtlosigkeit nicht festgestellt werden. Die etwas lang ausgedehnte Temperaturmessung hat für die Patientin keinerlei Nachteil gebracht, sie zeigte keine Temperatursteigerungen und keine Veränderungen in dem Befund. Sie erlag viele Monate später einer Bronchopneumonie und die Obduktion ergab ein thrombosiertes, haselnußgroßes Aneurysma der Carotis interna neben unscharf begrenzten frischen Erweichungsherden im linken Frontal- und Parietallappen. Die sich in normaler Hirnsubstanz befindende Punktionsstelle, an welcher die Messung ausgeführt worden war, konnte nur mit Mühe aufgefunden werden. Durch die Komplikation mit während der Ablesung einsetzenden kleinen Krampfanfällen muß diese Beobachtung als eine pathologische bezeichnet werden.

Wir gehen nunmehr zu den 2 Beobachtungen über, welche im Wachzustand angestellt wurden und welche wegen der sich aus denselben ergebenden Resultate das größte Interesse beanspruchen. Es liegt in der Natur des Eingriffs, daß man eben nur selten in der Lage sein wird, derartige Beobachtungen anzustellen, ich halte jedoch diese 2 Beobachtungen in Verbindung mit denjenigen von Mosso und Cavazzini und unseren vorangehenden Versuchen am Schimpanse für vollständig ausreichend zur Feststellung der auf diesem Wege, d. h. unter Anwendung von Quecksilberthermometern erreichbaren Befunde.

Beobachtung VI. Chr.

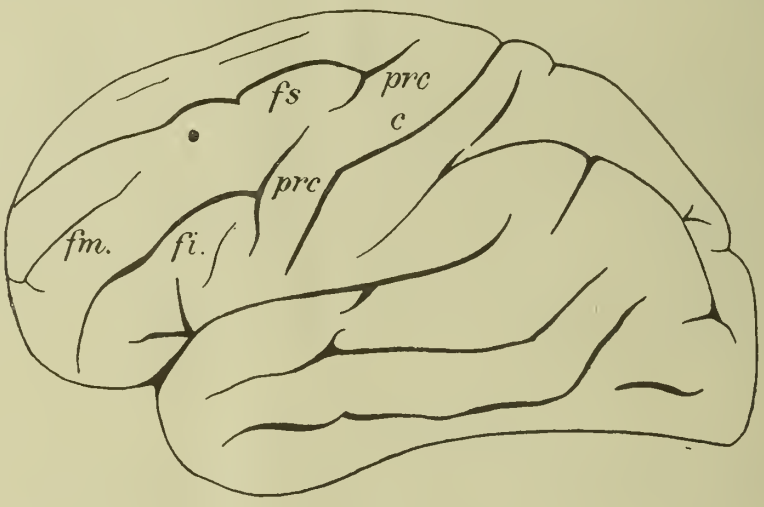
F. Chr., 3jähriges Kind, welches erblich nicht belastet ist. Die Geburt war eine normale, das Kind entwickelte sich rechtzeitig und konnte mit $1^1/_2$ Jahren gut sprechen. Mit 2 Jahren zeigten sich tuberkulöse Halsdrüsen, welche operativ entfernt wurden. Das Kind war geistig geweckt und fiel den Eltern nur durch seinen großen Kopfumfang und die Unfähigkeit, den Kopf zu halten, auf. Es wurde mit der Diagnose Hydrozephalus der Klinik zugeschickt, namentlich auch zur Entscheidung der Frage, ob eventuell ein operativer Eingriff im Sinne des von Anton und von Bramann[1]) empfohlenen Balkenstiches ausgeführt werden solle.

1) Anton und von Bramann, Balkenstich bei Hydrozedhalien etc. Münchener med. Wochenschrift 1908, S. 1672.

Die Untersuchung ergab an den inneren Organen einen normalen Befund, jedoch sind die Halsdrüsen deutlich vergrößert; im übrigen ist F. ein kräftiger Knabe. Auch am Nervensystem können außer dem deutlich schwankenden Gang und dem mäßig vergrößerten, 51 cm als Umfang aufweisenden Kopf, welcher nur schwer aufrecht getragen werden kann, krankhafte Befunde nicht nachgewiesen werden. Der Augenhintergrund war normal.

Für sein Alter war der Knabe auffallend intelligent, er zeigte bei der Sensibilitätsprüfung genau die berührten Stellen bei geschlossenen Augen an; bezeichnete Bilder richtig und benannte die Hauptfarben, welche selbst wesentlich älteren Kindern noch Schwierigkeiten zu machen pflegen, an vorgelegten Proben richtig. Eine elektrische Taschenlampe, welche für die Pupillarprüfung benutzt wurde, lernte er nach einmaligem Vormachen richtig gebrauchen.

Die Punktion wurde nachmittags gegen $4^1/_2$ Uhr in leichtem Chloroformrausch in Gegenwart von sieben Ärzten ausgeführt, man fand in einer Tiefe von 4,5 cm von der Hautoberfläche gerechnet den etwas erweiterten Seitenventrikel

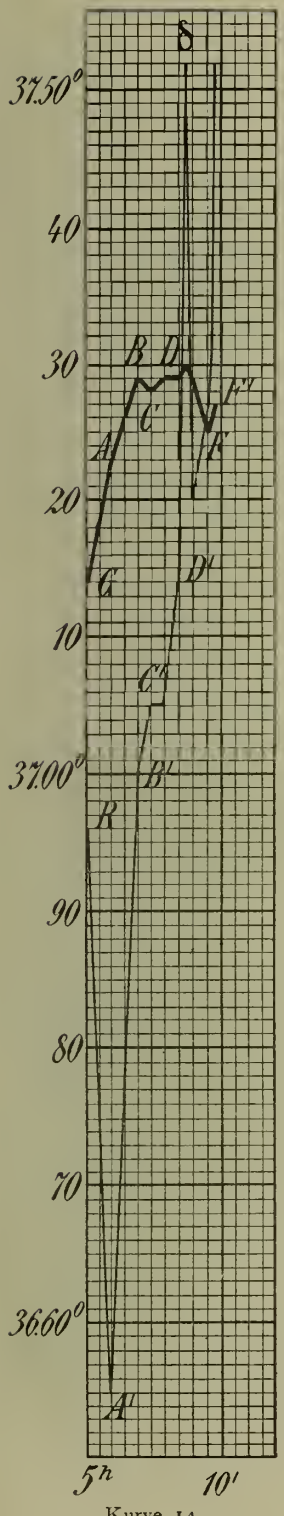


Figur 10.

und auf Grund dieses Befundes, der doch nur einen mäßigen Hydrozephalus ergeben hatte, wurde von einem eingreifenden chirurgischen Verfahren entschieden abgeraten.

Im unmittelbaren Anschluß an diese Punktion wurde unter Mithilfe von vier Ärzten und einer Schwester an der Punktionsstelle bei dem vollständig wachen Knaben eine Temperaturmessung ausgeführt. Die Lage der Punktionsstelle ersieht man aus Abbildung 10.

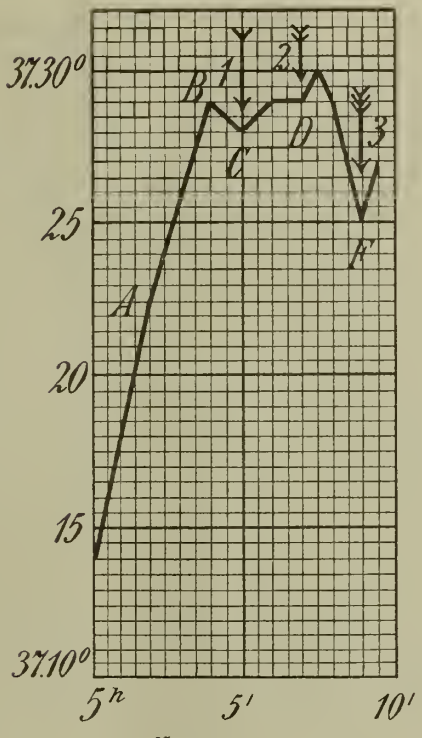
Da der Ventrikel erst in einer Entfernung von 4,5 cm begann, so lag das Thermometer vollständig umschlossen von Gehirnsubstanz. Die Zimmer-



Kurve 14.

temperatur bei Beginn der Ablesungen betrug 19,5° C und veränderte sich während der Beobachtungszeit nicht. 4 Uhr 50 Minuten lagen die Thermometer an ihrem Platze und wurde mit den Ablesungen begonnen, welche in dieser Tabelle zusammengestellt sind.

Zeit	Gehirn-temperatur	Rektal-temperatur
5 Uhr 0 Min.	37,14°	36,96°
2 „	37,23	36,55
4 „	37,29	37,09
5 „	37,28	37,05
6 „	37,29	37,05
7 „	37,29	37,15
7 „ 30 Sek.	37,30	37,52
8 „	37,29	37,20
9 „	37,25	37,27
9 „ 30 Sek.	37,27	37,52



Kurve 14a.

Wie schon oben bemerkt, ist bei der Einführung des Thermometers und bei der 10 Minuten später beginnenden Ablesung F. vollständig wach. 5 Uhr

ist notiert: vollständig wach, verneint Schmerzen an der Punktionsstelle zu haben. 5 Uhr 2 Minuten: das Kind hat dem Arzt einige Fragen beantwortet, gibt auf einige weitere Fragen mit „ich weiß nicht“ Antwort. 5 Uhr 4 Minuten: fortwährende Unterhaltung mit dem geweckten Knaben, der kurz vor dieser Ablesung einige Bewegungen gemacht hat. 5 Uhr 5 Minuten ermahnt ihn die neben ihm sitzende Schwester, welche er kennt und liebt, ziemlich energisch ruhig zu liegen; äußert, er sei ein böser Junge, was, nach seinem Gesichtsausdruck zu urteilen, deutlich Eindruck auf ihn macht. 5 Uhr 7 Minuten wird der Knabe in die Wange gekniffen, er zeigt ein schmerzverzogenes Gesicht, macht einige Bewegungen mit den Beinen im Hüftgelenk, die ein rasches Emporschnellen der dabei durch Reibung gesteigerten Rektaltemperatur bedingen. In den nächsten Minuten liegt der Knabe wieder ganz ruhig, blickt vergnügt um sich. 5 Uhr 9 Minuten wird hinter dem Rücken des Knaben ein Gefäß geräuschvoll absichtlich zu Boden geworfen, er fährt etwas zusammen und macht dabei wieder einige Beinbewegungen. Kurz nach 5 Uhr 9 Minuten 30 Sekunden wird das Thermometer aus dem Schädel entfernt. Die Wundheilung war eine vollständig glatte. In der Kurve 14 sehen wir, daß im Wachszustand in diesem Falle die Rektaltemperatur niedriger ist als die Gehirntemperatur, dieselbe schnellt nur zweimal und zwar infolge von Beinbewegungen des Knaben über die Gehirntemperatur empor, fällt jedoch gleich wieder ab, auch ein Zeichen dafür, wie empfindlich die verwandten Thermometer waren. Anschaulicher als diese Kurve, welche eben durch die Rektaltemperaturschwankungen etwas verunstaltet ist, läßt die im doppelt so großen Maßstab gezeichnete Kurve 14a die Schwankungen der Gehirnkurve und ihren Zusammenhang mit den Reizvorgängen erkennen. Während des raschen Anstiegs bis *A* hat der Knabe einige Fragen, bei denen er sich entschieden intellektuell etwas anstrengen mußte, beantwortet und während des weiteren Anstiegs bis *B* bestand die oben angegebene fortwährende Unterhaltung im wesentlichen darin, daß die Schwester ihn ausfragte und an seine Antworten anknüpfend weiter forschte; wir sehen, daß dabei in 4 Minuten die Großhirntemperatur um $0{,}15^0$ anstieg, während die Rektaltemperatur nur um $0{,}04^0$ zugenommen hatte. Nach Beendigung der Unterhaltung sank die Temperatur von *B* bis *C* ab, hier setzte ein neuer Reiz (Pfeil 1), die Ermahnung der Schwester ein, und es erfolgte ein langsamer Anstieg. Nachdem sich dann die Gehirntemperatur bis *D* konstant erhalten hatte, erfolgte daselbst (Pfeil 2) die Einwirkung des schmerzhaften Reizes und in einer halben Minute nahm die Gehirntemperatur um $0{,}01^0$ zu. Daß diese Zunahme nicht etwa durch die ausgelösten Abwehrbewegungen bedingt, sehen wir an zahlreichen anderen Beobachtungen, bei denen lebhafte Bewegungen ohne jeden Einfluß auf die Gehirntemperatur ausgeführt wurden und namentlich aus den Versuchen am Schimpansen und den Feststellungen Mossos. Nachdem auch die Wirkung dieses Reizes abgeklungen ist, erfolgt bei

F (Pfeil 3) die Einwirkung eines neuen Reizes, ein Gefäß wird mit großem Lärm zu Boden geworfen und wirkt natürlich als Schreckreiz, die Gehirntemperatur nimmt wieder in einer halben Minute um 0,02° zu. Diese kleine schöne Kurve enthält also schon alles Wissenswerte für uns. Sie zeigt aber jedenfalls, daß wir mit viel geringeren Ausschlägen bei der Einwirkung von Reizen an der Gehirntemperaturkurve des Menschen als an derjenigen des mit diesem Knaben ungefähr gleichaltrigen Schimpanse rechnen müssen. Aber als weitere Eigentümlichkeit fällt im Gegensatz zu den Tierversuchen auf, daß die Reaktion sich rascher geltend macht, denn an den Kurven des Schimpanse sehen wir gewöhnlich erst in der zweiten Minute die Temperaturzunahme, hier ist sie schon in einer halben Minute erkennbar. Die Gehirntemperaturkurve des Menschen zeigt nach diesem einen Versuch zwar rascher auftretende, jedoch weniger intensive Temperaturschwankungen. Die Feststellungen dieser interessanten Beobachtung VI werden durch die noch ungleich wertvollere Beobachtung VII ergänzt und bestätigt.

Beobachtung VII. Str.

A. Str., 29 Jahre, früher Fabrikarbeiter, dessen Krankengeschichte ich schon an anderer Stelle[1]) mitgeteilt habe, war erblich nicht belastet. Er hat sich normal entwickelt, in der Schule gut gelernt und machte nach deren Beendigung die Lehrzeit bei einem Klempner durch. Während dieser Zeit, in seinem 15. Lebensjahre, wurde er von einem seiner Arbeitsgenossen durch einen sich versehentlich entladenden Revolver in den Kopf geschossen. Die Kugel war durch das Dach der rechten Augenhöhle in den Schädel eingedrungen, ohne dieses Auge zu verletzen. Str. lag mehrere Tage bewußtlos, bot dann eine linksseitige Hemiplegie dar, welche allmählich zurückging, aber eine deutliche Hemiparese hinterließ. Ein halbes Jahr nach dem Unfall nahm er seine Arbeit wieder auf, mußte jedoch wegen der Hemiparese sein Handwerk aufgeben und arbeitete in einer Fabrik. Da sich in den folgenden Jahren heftige Hinterkopfschmerzen einstellten, so suchte er in seinem 17. Lebensjahre die Jenenser chirurgische Klinik auf, um sich die Revolverkugel operativ entfernen zu lassen. Obwohl nun die Lage der Kugel auf dem Radiogramm sehr genau festgestellt werden konnte, fand sich dieselbe nicht bei der Operation, deren Narben man ebenso wie den durch dieselbe gesetzten Knochendefekt auf der Abbildung 11, einer vor kurzem aufgenommenen Photographie, deutlich erkennen kann. Es war damals ein großes halbkreisförmiges Knochenstück aus dem rechten Parietale entfernt worden. Die Gehirnhäute und die Oberfläche der bloßgelegten Rindenteile boten damals ein vollständig normales

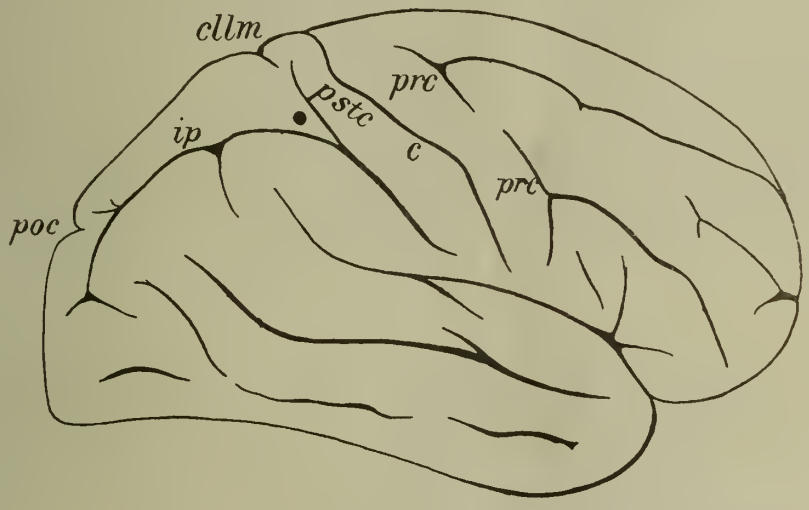
1) H. Berger, Über die körperlichen Äußerungen psychischer Zustände. Jena 1904, Bd. I, S. 50 und 1907, Bd. II, S. 16.

Aussehen dar; der Heilungsverlauf war ein rascher. In der Folgezeit stellten sich gelegentlich leichte Schwindelanfälle ein und im 22. Lebensjahre trat zum ersten Male ein voll entwickelter epileptischer Anfall auf. Diese Anfälle wiederholten sich anfänglich in 8tägigen Pausen und wurden dann seltener. Es wurde damals wieder in der chirurgischen Klinik in Jena ein Radiogramm aufgenommen, und wurden an der Stelle des Knochendefektes durch die Haut hindurch einige Punktionen vorgenommen, da Str. nach wie vor auf der Entfernung der Kugel bestand. Da man bei diesen Probepunktionen wieder nicht auf die im Radiogramm deutlich sichtbare Kugel gestoßen war, wurde von einem weiteren Eingriff abgeraten. In den folgenden Jahren traten die epileptischen Anfälle in jedem Monat einmal, meist anschließend an Alkoholexzesse, auf, dieselben wurden erst seltener, nachdem Str. in einem Landarmenhause untergebracht und so sein Alkoholabusus unmöglich gemacht wurde. Er arbeitete fleißig in der Anstalt und hatte nur alle 2—3 Monate einen epileptischen Anfall, war öfter auch $^1/_2$ Jahr lang anfallfrei. Heftige anfallsweise Kopfschmerzen veranlaßten ihn immer wieder von chirurgischer Seite die Entfernung der Kugel zu verlangen. Er war zu diesem Zwecke nach Jena gekommen. Die Untersuchung ergab an den inneren Organen einen normalen Befund. Str. ist von großem, kräftigem Körperbau und zeigt eine schön entwickelte Muskulatur. Am Nervensystem findet sich folgendes: Kniephaenomen: L. > R. Achillesphaenomen: L. > R. Plantareflex: R. > L. Parese und leichte Beugekontraktur des linken Armes. Leichte Parese des linken Beines. Mundfazialis: R. > L. Parese des Rectus internus am rechten Auge. Pupillen: mittelweit, gleich, rund, ihre Reaktion prompt und ausgiebig.

Figur 11.

Sein psychisches Verhalten ist ein normales, er ist genau orientiert, besitzt gute Kenntnisse, rechnet sehr gut, weiß auch mit Zinsrechnungen genau Bescheid.

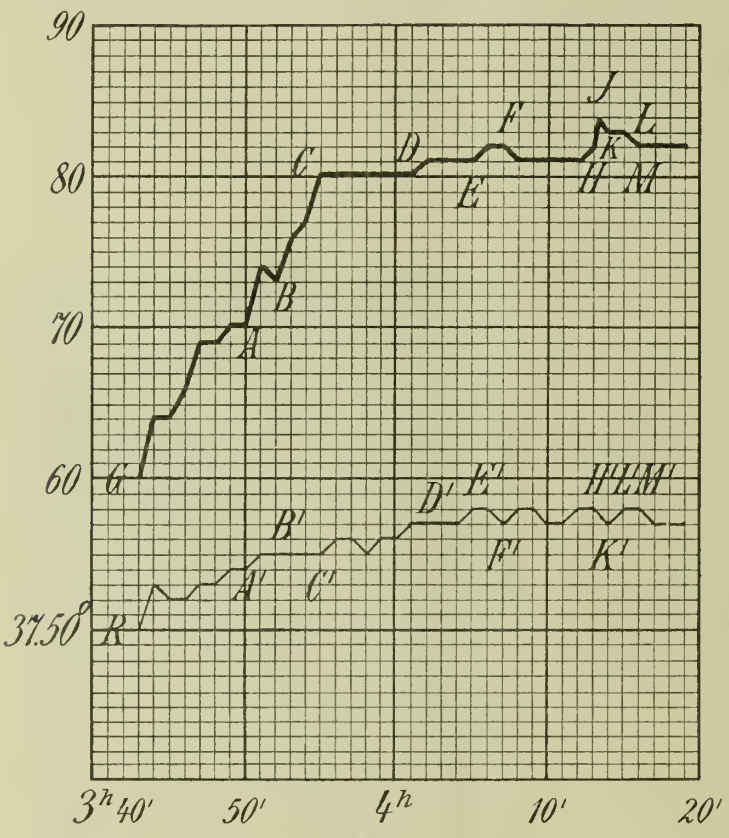
Vor der Vornahme der neuen Operation wurde nach Rücksprache mit Herrn Geh. Rat RIEDEL im Einverständnis mit Str. in der Gegend, welche voraussichtlich bei dem Eingriff bloßgelegt und zur eventuellen Entfernung der Kugel eingeschnitten werden mußte, eine Hirnpunktion mit nachfolgender Temperaturmessung ausgeführt. Str. war schon etwa 8 Tage lang dadurch vorbereitet worden, daß er täglich in Seitenlage längere Zeit rechnen mußte, während gleichzeitig Rektaltemperaturen abgelesen wurden. Nachdem alles genügend eingeübt war und auch Str. gelernt hatte alle ihm aufgetragenen Manipulationen in Seitenlage ohne wesentliche Bewegungen auszuführen, wurde eines Tages unter Mithilfe von 4 Ärzten die Hirnpunktion durch den nach oben stehengebliebenen Knochenrand hindurch ausgeführt und zwar unter Lokalanästhesie durch Verwendung von Äthylchlorid. Durch die Punktionsstelle konnte glatt das Thermometer eingeführt werden. Dasselbe lag, wie ich mich selbst bei der späteren Operation durch Herrn Geh. Rat RIEDEL überzeugen konnte, in einem vollständig normalen Hirngebiete, das dem rechten oberen Scheitelläppchen angehörte. Die Stelle der Messung ist in Fig. 12 auf Grund der Feststellungen bei der Trepanation eingetragen.



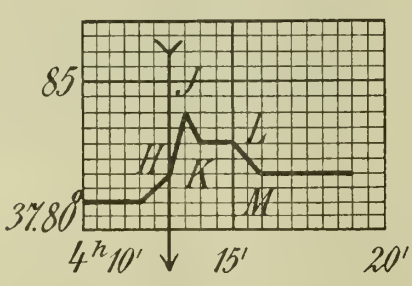
Figur 12.

Bei derselben konnte eine deutliche Erweiterung des rechten Seitenventrikels festgestellt, jedoch die Kugel leider wieder nicht aufgefunden werden. Bei Beginn der Messungen betrug die Zimmertemperatur 21,5° C und blieb während der ganzen Dauer der Beobachtungen die gleiche. 3 Uhr 34 Minuten lag das Gehirnthermometer, 3 Uhr 43 Minuten das Rektalthermometer, das durch an den erwähnten Korkstopfen befestigte Pflasterstreifen noch besonders festgelegt worden war, an seiner Stelle. Trotz der Lokalanästhesie war namentlich das Durchstoßen der Dura etwas schmerzhaft gewesen, jedoch lag Str. seinem Versprechen gemäß

vollständig ruhig. 3 Uhr 43 Minuten konnte mit den Ablesungen begonnen werden, die in folgender Zusammenstellung enthalten sind:



Kurve 15.



Kurve 15a.

Zeit	Gehirn-temperatur	Rektal-temperatur
3 Uhr 43 Min.	37,60°	37,50°
44 „	37,64	37,53
45 „	37,64	37,52
46 „	37,66	37,52
47 „	37,69	37,53
48 „	37,69	37,53
49 „	37,70	37,54
50 „	37,70	37,54
51 „	37,74	37,55
52 „	37,73	37,55
53 „	37,76	37,55
54 „	37,77	37,55
55 „	37,80	37,55
56 „	37,80	37,56
57 „	37,80	37,56
58 „	37,80	37,55
59 „	37,80	37,56
4 „ 00 „	37,80	37,56
1 „	37,80	37,57
2 „	37,81	37,57
3 „	37,81	37,57
4 „	37,81	37,57
5 „	37,81	37,58
6 „	37,82	37,58
7 „	37,82	37,57
8 „	37,81	37,58
9 „	37,81	37,58
10 „	37,81	37,57
11 „	37,81	37,57
12 „	37,81	37,58
13 „	37,82	37,58
13 „ 30 S.	37,84	37,58
14 „	37,83	37,57
15 „	37,83	37,58
16 „	37,82	37,58
17 „	37,82	37,57
18 „	37,82	37,57
19 „	37,82	37,57

Bei Beginn der Ablesung liegt Str. in linker Seitenlage, er ist ganz still, liegt nach seiner Angabe bequem, hat aber einen brennenden Schmerz an der Punktionsstelle. 3 Uhr 50 Minuten wird Patient nochmals ermahnt, ruhig liegen zu bleiben. Kurz nach der Ablesung 3 Uhr 52 Minuten beginnt Str. die ihm von mir vorgehaltenen, auf einem Blatt aufgeschriebenen Additionsaufgaben zusammen zu rechnen und das jeweilige Resultat mit dem Bleistift

darunter zu schreiben; er liegt dabei ganz still, rechnet nur, indem er die Zahlen laut zusammenaddiert, wie dies schon vorher geübt worden war. Kurz nach der Ablesung 4 Uhr 2 Minuten wurden die Rechenaufgaben entfernt. Nach Beendigung des Rechnens hat Str. versichert, daß die Wunde am Kopf ziemlich brenne. 4 Uhr 5 Minuten hört man auf dem Korridor mehrere Damen sich ziemlich laut unterhalten, so daß man einzelne Worte eben auffassen kann. 4 Uhr 7 Minuten schenke ich Str. ein Zehnmarkstück, worüber er sich lebhaft freut und bedankt. Kurz nach der Ablesung 4 Uhr 13 Minuten wird ein Revolver in nächster Nähe des Patienten im Operationszimmer abgeschossen. Er fährt deutlich zusammen, verändert aber seine Lage nicht. 4 Uhr 19 Minuten wurden die Thermometer entfernt; Str. erhielt einen Heftpflasterverband und konnte allein auf sein Krankenzimmer zurückgehen. Die Temperatur blieb normal, einige Tage später traten zwei nächtliche Krampfanfälle auf, die einige Monate ausgesetzt hatten und deren Auftreten gerade zu dieser Zeit vielleicht durch die Punktion begünstigt wurde. Bei der 8 Tage später vorgenommenen Operation konnten keine durch die Punktion mit anschließender Temperaturmessung gesetzter Veränderungen außer dem Punktionskanal nachgewiesen werden. Also auch in diesem Falle habe ich mich, dank der Freundlichkeit des Herrn Geh. Rat Dr. RIEDEL, von der Lage des Thermometers in normaler Gehirnsubstanz überzeugen können. Die Beobachtung ist um so wertvoller, da ich von diesem nämlichen Str. viele Gehirnvolumkurven aufgenommen und auch Beobachtungen über ihre Veränderungen unter den verschiedensten Reizen veröffentlicht habe, jedoch wollen wir hier noch nicht auf diese Gegenüberstellung der hirnplethysmographischen und der durch die Temperaturmessung gewonnenen Resultate eingehen. Betrachten wir die Kurve 15, welche die Kurve 14 an Bedeutung noch übertrifft, etwas genauer. Gleich im Beginn steigt langsam, jedoch stetig die Gehirntemperatur bis *A*; ob die etwas schmerzende Wunde dazu der Anlaß ist, da wir ja in Kurve 14 bei *D* nach dem schmerzhaften Kneifen einen deutlichen Anstieg sehen, können wir mit Sicherheit nicht sagen, jedenfalls hat auch die Rektaltemperatur einen kleinen Anstieg aufzuweisen. Eine Ermahnung nach *A* bedingt wohl eine rasche Temperaturzunahme des Gehirns um 0,04° in einer Minute. Nachdem dann die Gehirntemperatur bis *B* (4 Uhr 52 Minuten) etwas abgesunken ist, beginnt dann das fortlaufende Addieren, dabei wurden von dem Patienten 12 Exempel wie das folgende:

$$\begin{array}{r} 7519 \\ 8215 \\ 4786 \\ 9763 \\ \underline{3827} \end{array}$$

zusammenaddiert, während ich den Block, auf den die Aufgaben notiert waren, ihm bequem vorhielt. Kurz nach *D* (4 Uhr 2 Minuten) war die Arbeit beendet.

In dieser Zeit der geistigen Arbeit war anfangs von *B* bis *C* in 3 Minuten die Gehirntemperatur um 0,07° angestiegen, während die Rektaltemperatur gleich blieb, in den weiteren 7 Minuten des Addierens nahm das Gehirn nur um 0,01° zu, sank aber nach Aussetzen der Arbeit auch in seiner Temperatur nicht ab. Ein Gespräch auf dem Korridor bei *E* (4 Uhr 5 Minuten) bedingte anscheinend einen Anstieg von 0,01°, ein bei *F* an Str. gemachtes Geldgeschenk, über das er sich offenbar freute, war nicht imstande, den Temperaturabfall der Gehirnkurve aufzuhalten. Ein unerwarteter Schuß kurz nach *H* (4 Uhr 13 Minuten) bedingte ebenso wie das Geräusch bei dem Knaben Chr. ein rasches Emporschnellen der Gehirntemperatur um 0,02° in $^1/_2$ Minute. Die in doppeltem Maßstab gezeichnete Kurve 15a veranschaulicht die Temperaturschwankungen, welche auf den Schuß folgen, etwas besser. Die Temperatur steigt rasch bis *J* an und fällt dann langsam wieder ab, zunächst in der zweiten halben Minute um 0,01° bis *K*, dann bleibt die Temperatur eine Minute lang gleich und bei *L* erfolgt dann ein erneuter Abfall um 0,01° bis *M*, so daß uns diese Beobachtung auch über den Rückgang der Gehirntemperatursteigerung, welche wir auch in Kurve 14 nach einem Schreckreiz kennen lernten, aufklärt. Vor allem beruht aber der Wert dieser ausgezeichneten Kurve auch darin, daß sie von einem erwachsenen, leidlich intelligenten Menschen herrührt und uns gestattet, über die Vorgänge beim ausgewachsenen Individuum Angaben zu machen. Ich habe daher mit dieser Beobachtung unbedenklich diese Untersuchungsreihe zunächst abgeschlossen.

III.

Zusammenstellung und Besprechung der Befunde.

Gehen wir zunächst etwas näher auf die Ergebnisse der Versuche am Schimpanse ein, so ist natürlich auch bei diesen Versuchen auf die begleitenden Nebenumstände Rücksicht zu nehmen. Es ist selbstverständlich, daß das Tier bei Vornahme der Schädelpunktionen in eine gewisse ängstliche Erregung geriet, jedoch war durch die Anwendung von Lokalanästhesie dafür Sorge getragen, daß der geringe, den Eingriff begleitende Schmerz auf ein Minimum reduziert war. Da bei den Versuchen diejenigen Personen, an denen der Affe besonders hing und die ihn regelmäßig mit Fressen versahen usw., zugegen waren und ihn hielten, und da ferner infolge der zunächst vielleicht ungünstig erscheinenden Wiederholung der Versuche allmählich eine gewisse Gewöhnung insofern eintrat, als das sehr intelligente Tier merkte, daß nichts besonderes Schmerzhaftes mit ihm vorgenommen wurde, so ließ die ängstliche Erregung, welche immer wieder vor Beginn des jeweiligen Versuches unverkennbar war, im Verlauf desselben bald nach und traten deutliche und ausgiebige Reaktionen zutage. Daß trotz alledem dem Affen die Situation bei den Versuchen nicht gerade angenehm war, geht daraus hervor, daß er nach Beendigung des jeweiligen Versuches sich an seinen Wärter oder die Schwester anklammerte und längere Zeit schimpfte. Wie anfänglich versucht wurde, den Affen ganz frei zu lassen bei den Messungen, war nicht möglich, da gleich der erste dahin gehende Versuch zu einem Abbrechen des Gehirnthermometers geführt hatte, jedoch wurde er mit einer elastischen Binde nur so weit gefesselt, daß er mit den Armen nicht auf den Kopf langen und die Beine nicht frei bewegen konnte. Ich hatte übrigens, ebenso wie die anderen beteiligten Herren den Eindruck, daß dem Affen das Rektalthermometer viel unangenehmer war als das Gehirnthermometer. Natürlich lassen

sich diese Nebenumstände nicht vollständig vermeiden, ich glaube aber nicht, daß ihnen ein wesentlicher Einfluß auf unsere Resultate zukommt.

Die meisten Kurven des Schimpanse beginnen damit, daß zunächst die Rektaltemperatur niedriger ist als die Gehirntemperatur und dann im Laufe des Versuchs infolge raschen Anstiegs die Gehirntemperatur überholt, nur in dem VI. Versuche vom 24. Aug. 1909 ist die Rektaltemperatur im Beginn des Versuches höher als die Gehirntemperatur. Eine übersichtliche Zusammenstellung der beobachteten Großhirntemperaturen, geordnet nach den jeweiligen Versuchen und unter Angabe des jedesmaligen Maximums und Minimums und unter Gegenüberstellung der zugehörigen Rektaltemperatur enthält diese Tabelle. In der letzten Spalte derselben ist unter *(r—g)* die Differenz zwischen Rekaltemperatur und Gehirntemperatur in ihrer ganzen Schwankungsbreite während eines Versuches angegeben.

Tabelle I.

Versuchs-Nr. etc.	Zimmer-temperatur	Gehirn-temperatur	Zugehörige Rektaltemperatur	*r—g* (Grenzen aller Werte desselben Versuchs)
I. Versuch 1. Juli 09 F_2 l.	19,4—20,6°	min. 35,56° max. 36,06	35,44° 35,80	Von — 0,30 bis + 0,23°
II. Versuch 3. Juli 09 C. post. r.	19,7—20,9	min. 36,31 max. 37,40	36,22 37,39	Von — 0,32 bis — 0
III. Versuch 29. Juli 09 Pa. sup. r.	20,6—21,3	min. 36,91 max. 37,21	36,78 37,82	Von — 0,13 bis + 0,63
IV. Versuch 7. Aug. 09 Pa. sup. l.	23,8—24,4	min. 37,72 max. 38,32	38,04 38,70	Von — 0,22 bis + 0, 47
V. Versuch 14. Aug. 09 Pa. sup. r.	20—20,6	min. 36,83 max. 37,32	35,96 36,96	Von — 0,87 bis + 0,28
VI. Versuch 24. Aug. 09 C. post. l.	21,3	min. 36,76 max. 37,49	37,07 37,46	Von — 0,11 bis + 0,32

In ähnlicher Weise sind in Tabelle II die Maxima und Minima der Großhirntemperaturen zusammengestellt unter Beifügung der zugehörigen Kleinhirntemperaturen. Unter *(k—g)* ist die in dem betreffenden Versuche beobachtete Schwankungsbreite der Differenz zwischen Kleinhirn- und Großhirntemperatur angegeben.

Tabelle II.

Versuchs-Nr. etc.	Zimmer-temperatur C	Großhirn-temperatur	Zugehörige Klein-hirntemperatur	*k*—*g* (Grenzen aller Werte desselben Versuchs)
VII. Versuch 30. Aug. 09 F_2 r. u. Kleinhirn r.	20,4—21,3°	min. 35,80° max. 36,94	36,50° 37,50	Von + 0,70 bis + 0,41°
VIII. Versuch 1. Sept. 09 Pa. inf. l. und Kleinhirn l.	19°	min. 33,96 max. 34,25	34,41 34,62	Von + 0,50 bis + 0,30°

Die höchste in den acht Versuchen beobachtete Großhirntemperatur betrug 38,32° bei einer Lage des Gehirnthermometers im linken Lobus parietalis superior, das Minimum war 35,56°, wenn zunächst von den Collapstemperaturen im VIII. Versuch abgesehen wird. Dieses Minimum wurde ebenfalls in der linken Hemisphäre in F_2 gemessen. Ob das Zusammenfallen dieses Maximums mit der höchsten Außentemperatur ein physiologisch begründetes ist, kann ich auf Grund dieser einen Versuchsreihe nicht entscheiden, es ist aber wohl das Wahrscheinlichste. Es ergibt sich eine maximale Schwankungsbreite der Großhirntemperatur von nur 2,76°, unter Berücksichtigung des nach dem Collaps im VIII. Versuch festgestellten Minimums von 33,96° im Großhirn im linken Lobus parietalis inferior jedoch eine solche von 4,36°.

In beiden Versuchen, bei denen Messungen der Kleinhirntemperaturen ausgeführt wurden, fand man dieselben wesentlich, um 0,30°—0,70°, höher als die gleichzeitige Temperatur des Großhirns; daß dabei kein Fehler untergelaufen ist und die gebrauchten Thermometer gleich gingen, geht daraus hervor, daß im 2. Versuch eine Vertauschung beider Thermometer das gleiche Resultat ergab. Ich glaube aber diese höhere Kleinhirntemperatur lediglich auf seine, gegen Wärmeausstrahlung im Vergleich zum Großhirn geschütztere Lage zurückführen zu müssen. Die höchste, in allerdings nur zwei Versuchen beobachtete Kleinhirntemperatur betrug 37,50°, die niedrigste Temperatur war 36,50° oder unter Berücksichtigung der abnorm tiefen Temperaturen des letzten Versuchs 34,35°, so daß sich für diese Messungen eine Schwankungsbreite von 1,00° resp. 3,15° ergeben würde. Die größte, bei ein und demselben Versuche beobachtete Differenz zwischen Großhirn- und Rektaltemperatur betrug 0,87° also fast $^9/_{10}$ eines Grades, während die größte Differenz zwischen Großhirn- und Kleinhirntemperatur auf 0,70° festgestellt wurde.

Wenden wir uns nun nach diesem allgemeineren Überblick über die Versuche am Schimpanse den durch Medikamente hervorgerufenen Veränderungen zu. Es wurde einmal und zwar im VI. Versuch 0,04 g Morphin gegeben; es bestand eigentlich die Absicht, dem Tiere Opium zu geben, aber wegen der einfacheren Art, dasselbe dem Tier beizubringen und wegen der rascheren Wirkung wurde Morphin

vorgezogen und wir sehen, wie die Gehirntemperatur zunächst einen gewaltigen Anstieg von 0,51° in 6 Minuten aufzuweisen hatte, die Zunahme betrug also in der Minute 0,083°. Bei dem etwa 10 Minuten später einsetzenden Abfall nahm die Gehirntemperatur in 2 Minuten um 0,18°, also in der Minute um 0,09° ab, so daß Anstieg und Abfall bezüglich der Schnelligkeit der Wärmeproduktion und des Wärmeverlustes pro Minute sich die Wage halten würden. Als Vergleichszahlen stehen uns die Beobachtungen von MOSSO am Hunde unter der Anwendung von Opium (Laudanum) zur Verfügung. In diesem Versuche (S. 181 Fig. 48 *D*) beobachtete MOSSO eine Temperaturzunahme von 0,75° in 13 Minuten, also in der Minute eine Zunahme von 0,057°.

Mit Rücksicht auf seine Anwendung in der Therapie wurde, besonders auch da über dieses Mittel in dieser Beziehung keine Untersuchungen vorliegen, in zwei Versuchen Hyoscin gegeben und zwar in ganz beträchtlichen Gaben. Jedoch erwies sich der Schimpanse auffallend refractär gegen dasselbe und kam es eigentlich nicht zu der schlafmachenden Wirkung dieses Mittels. In dem IV. Versuch wurde ihm 0,0006 g verabreicht, danach stieg die Gehirntemperatur in 22 Minuten um 0,5° an, also in einer Minute um 0,023°; die größere Dosis von 0,0015 g, welche im V. Versuch verabreicht wurde und bei der die Wirkung etwas deutlicher zu Tage trat, bewirkte einen Anstieg von 0,12° in 8 Minuten also eine Zunahme von 0,015° pro Minute. In dem danach einsetzenden Abfall nahm die Gehirntemperatur in 4 Minuten um 0,20°, also im der Minute um 0,05° ab.

Die häufigsten Versuche wurden mit dem Chloroform angestellt, dasselbe kam in drei Versuchen, und zwar in zwei derselben zu wiederholten Malen zur Anwendung. Die Empfindlichkeit des Schimpanse gegen Chloroform war auffallend groß und zweimal wäre er fast vorzeitig dem Chloroformtode erlegen, obwohl immer vorsichtig vorgegangen wurde. In dem 2. Versuch am 3. Juli 1909 kam nur die exzitirende Wirkung des Mittels zur Geltung, da die Beobachtung bald abgebrochen wurde; die Gehirntemperatur stieg in 3 Minuten um 0,08° an, also in einer Minute um um 0,027°. Die anderen beiden Versuche VII und VIII, bei denen auch Chloroform zur Anwendung kam, gestatten einen Vergleich zwischen Großhirn- und Kleinhirntemperatur und enthalten Angaben über das Erlöschen und die Wiederkehr des Kornealreflexes.

In übersichtlicher Weise ist die Temperaturzunahme im Großhirn und Kleinhirn beim Erwachen aus der Narkose bis zur Wiederkehr des Kornealreflexes und bis zur Wiederkehr des normalen Bewußtseins in der Tabelle III zusammengestellt.

Tabelle III.

Erwachen aus der Narkose.

Versuchs-Nr. etc.	Anstieg bis zur Wiederkehr des Kornealreflexes	Anstieg bis zum Erwachen
VII. Versuch 30. Aug. 09 F_2 r. u. Kleinhirn r.	Kleinhirn: 0,27° Großhirn: 0,29	0,33° 0,34
VII. Versuch 1. Sept. 09 Pa. inf. l. und Kleinhirn l.	Kleinhirn: —0,01! Großhirn: 0,15	— —

Die Differenzen zwischen dem VII. und VIII. Versuch, auf die schon oben bei Besprechung der Versuche ausführlich eingegangen wurde, sind auf die Nachwirkungen des schweren Kollapses, ferner auf die infolge dieser Gefahr oberflächlicheren Narkose zurückzuführen.

Eine Zusammenstellung der Temperaturzunahmen im Groß- und Kleinhirn im Exzitationsstadium der zwei Narkosen des jeweiligen Versuches enthält die Tabelle IV.

Tabelle IV.

Exzitationsstadium.

Versuchs-Nr. etc.	Anstieg bis zum Erlöschen des Kornealreflexes	Anstieg bis zum Maximum der Temperaturzunahme
VII. Versuch 3. Aug. 09 F_2 r. und Kleinhirn r.	Kleinhirn: 0,10° Großhirn: 0,19	0,31° 0,34
VIII. Versuch 1. Sept. 09 Pa. inf. l. und Kleinhirn l.	Kleinhirn: — Großhirn: —	0,31 0,14!

Wie schon oben hervorgehoben, geht auch hier aus der mangelnden Reaktionsfähigkeit des Großhirns die Nachwirkung des schweren Kollapses im VIII. Versuch gegenüber dem VII. Versuch hervor. Wir finden also im Exzitationsstadium im VII. Versuch am Großhirn eine Gesamtzunahme von 0,34 in 7 Minuten, also eine Zunahme von 0,05° in der Minute; im VIII. Versuch eine Gesamtzunahme von 0,14° in 4 Minuten, also eine Zunahme von 0,035° in der Minute. Der nachfolgende Abfall bei Fortsetzung der Narkose beträgt im VII. Versuch 0,05° pro Minute, im VIII. Versuch 0,02° pro Minute. Der Anstieg nach Aussetzen des Chloroforms bis zum Erwachen beträgt in dem allein in Betracht kommenden VII. Versuch 0,34° in 15 Minuten also 0,023° pro Minute.

Für diese Versuche stehen uns wieder einige Zahlen Mossos zum Vergleich zu Gebote und zwar drei Beobachtungen über die Temperaturzunahme im Exzitationsstadium. Er fand in zwei Fällen bei demselben Hunde einmal (S. 41, Fig. 12 *B*) eine Zunahme von 0,22° in 16 Minuten also eine solche von 0,013° pro Minute, gleich darauf bei einer Wiederholung der Chloroformierung (S. 41,

Fig. 12 *C*) eine solche von 0,26° in 10 Minuten, also eine Zunahme von 0,026° in 1 Minute. In einem anderen Versuch (S. 162, Fig. 46 *a*) fand er eine beträchtlich größere Zunahme von 0,50° in 10 Minuten, also von 0,05° pro Minute. Man sieht also schon daraus, daß sich die Ergebnisse ungefähr entsprechen. Der Anstieg vor dem Erwachen aus der Narkose beträgt (S. 41, Fig. 12 nach *C*) etwa 0,08° in 4 Minuten also 0,02° pro Minute. Ein Erwachen aus der Narkose ohne Temperatursteigerung habe ich weder in den hier nicht mitgeteilten Vorversuchen an Hunden noch bei den zwei Versuchen am Schimpanse beobachten können und auch die mitgeteilten Beobachtungen am Menschen haben dasselbe gelehrt. Am Schlusse der Besprechungen über die Einwirkung von Medikamenten auf die Großhirntemperatur des Schimpanse möchte ich in folgender Tabelle V die Veränderung derselben pro Minute unter gleichzeitiger Beifügung der von Mosso beim Hunde beobachteten Zahlen in übersichtlicher Weise zusammenstellen. Ich bin mir dabei bewußt, daß die verschiedenen Versuchsbedingungen und namentlich die verschiedene Art der verwendeten Versuchstiere eine Gleichsetzung der gewonnenen Zahlen keineswegs gestattet, das aber doch eine Vergleichung der relativen Werte erlaubt sein dürfte.

Tabelle V.

	Anstieg	Abfall	
I. Morphin			
VI. Versuch	in 1′ um 0,083°	in 1′ um 0,09°	
(Mosso, Opium beim Hunde	in 1′ um 0,057)		
II. Hyoscin			
IV. Versuch	in 1′ um 0,023°	—	
V. Versuch	in 1′ um 0,015	in 1′ um 0,05°	
III. Chloroform	im Exzitationsstadium		Anstieg vor dem Erwachen
II. Versuch	in 1′ um 0,027°	—	—
VII. „	in 1′ um 0,05	in 1′ um 0,05°	in 1′ um 0,023°
VIII. „	in 1′ um 0,035	in 1′ um 0,02	—
(Mosso, beim Hunde . .	in 1′ um 0,013—0,05	—	in 1′ um 0,02)

Bei beiden Tieren, sowohl beim Schimpanse als auch beim Hunde, scheint die temperatursteigernde Wirkung auf das Großhirn für Opium resp. Morphin größer als die exzitierende Wirkung des Chloroforms. Jedenfalls geht aus den Versuchen mit Anwendung von Medikamenten das eine klar hervor, daß selbst bei den am energischsten wirkenden Mitteln die durch Steigerung der thermischen Prozesse im Gehirn hervorgerufene Temperaturzunahme in der Minute nur wenige hundertstel Grade beträgt, so daß auch unsere Erwartungen über die die psychischen Prozesse begleitenden thermischen Vorgänge schon im Hinblick auf die kurze

Zeit, welche ein einfacher psychischer Vorgang in Anspruch nimmt, bescheidene sein müssen. Bedenkt man, daß ein Assoziationsversuch nur 300 bis 800 μ also im Durchnitt nur 0,5″ in Anspruch nimmt[1]), und daß wir selbst mit den empfindlichsten Quecksilberthermometern die in einer ganzen Sekunde erfolgenden Zunahme z. B. unter Morphinwirkung, welche 0,0013°, in $^1/_2$″ also 0,0007° betragen würde, kaum feststellen könnten, so wird man einsehen, daß entweder sehr energische psychische Reize zur Anwendung kommen oder solche Versuche angestellt werden müssen, bei denen durch fortgesetzte Inanspruchnahme sich eine Summationswirkung gerade wie bei dem Weiterwirken des im Blute kreisenden und dann an das Nervengewebe abgegebenen Alkaloides sich erzielen läßt. Mit empfindlichen Thermosäulen und entsprechend feinen Galvanometern lassen sich natürlich auch solche geringe Temperaturschwankungen feststellen. In den hier vorliegenden Versuchen kam aber ausschließlich die Einführung von Quecksilberthermometern nach dem Vorbilde Mossos zur Verwendung, so daß die eben angestellte allgemeine Betrachtung gerechtfertigt erscheint.

Gehen wir nun zur Besprechung der Messungsergebnisse der Beobachtungen am Menschen über. Die höchste beobachtete Gehirntemperatnr betrug 37,84° und zwar wurde dieselbe im Wachzustand im Lobus parietalis superior der rechten Hemisphäre gemessen· Die niedrigste Gehirntemperatur war 35,98° und zwar wurde dieselbe in F_2 1 in tiefer Narkose gemessen. Die größte Schwankungsbreite bei den verschiedenen Personen beträgt somit 1,86° und bei derselben Person 0,93°. Die größte beobachtete Differenz zwischen Gehirn und Rektum bei derselben Person war 1,16°. Berücksichtigen wir nur die Temperaturen des Wachzustandes, so lag das Minimum der Gehirntemperatur bei 36,20° in F_2 1 und finden wir somit eine Schwankungsbreite von 1,64° bei verschiedenen Individuen im Wachzustand. Ein Zusammenhang mit der Außentemperatur konnte nicht festgestellt werden. In der Tabelle VI sind die Beobachtungsresultate unter Angabe der Messungsstelle zusammengestellt. Die Tabelle enthält die Maxima und Minima jeder Beobachtung unter Beifügung der zugehörigen Rektaltemperatur. Die letzte Spalte enthält unter der Bezeichnung (r—g) die Grenzen aller Differenzen zwischen Rektal- und Gehirntemperatur derselben Beobachtungsreihe. Die Differenzen sind bald positiv, bald negativ und zwar in zwei Fällen bei derselben Person in Beobachtung V und in Beobachtung VI, jedoch im letzteren Falle nur infolge interkurrenter, die Rektaltemperatur durch Reibung erhöhender Bewegungen. Von den übrig bleibenden fünf Beobachtungen ist zweimal, und zwar in Beobachtungen II und III die Rektaltemperatur ständig höher als die Gehirntemperatur, in den anderen drei Beobachtungen (I, IV, VII) ist das umgekehrte der Fall. Dabei enthält die Beobachtung IV die Kleinhirntemperatur und ist daher diese

1) Wundt, Vorlesungen über die Menschen- und Tierseele. Leipzig 1906, IV. Auflage, S. 312.

Beobachtung in der Tabelle an letzter Stelle gestellt worden und gibt hier die letzte Spalte ($r—k$) die Differenz zwischen Rektal- und Kleinhirntemperatur an.

Tabelle VI.

Beobachtung	Zimmer-temperatur	Gehirn-temperatur	Zugehörige Rektal-temperatur	r—g (Grenzen aller Werte einer Beobachtungsreihe)
Lz., 29 Jahre alt F_2 l. I. Beobachtung	20,5°	Min. 37,19° Max. 37,31	37,08° 37,10	Von — 0,10 bis — 0,21°
Hd., 12 Jahre alt F_2 r. II. Beobachtung	21—21,5°	Min. 36,64 Max. 36,88	37,21 37,02	Von + 0,57 bis + 0,14°
Ths., 11 Jahre alt F_2 l. III. Beobachtung	19—19,5°	Min. 35,98 Max. 36,30	37,04 36,88	Von + 1,16 bis + 0,58°
Hl., 53 Jahre alt F_1 l. V. Beobachtung	19,5—20,1°	Min. 36,14 Max. 37,07	36,28 36,30	Von + 0,14 bis — 0,98°
Chr., 3 Jahre alt F_2 l. VI. Beobachtung	18,5°	Min. 37,14 Max. 37,30	36,96 37,52	Von — 0,68 bis + 0,25
Str., 29 Jahre alt Pa. sup. r. VII. Beob.	21,5°	Min. 37,60 Max. 37,84	37,50 37,58	Von — 0,10 bis — 0,26
Lnd., 38 Jahre alt Kleinhirn. IV. Beob.	24°	Min. 36,58 Max. 36,64	35,88 35,82	r—k Von — 0,83 bis — 0,30

Mosso fand bei seinen zwei Versuchspersonen folgende Maxima und Minima der Gehirntemperatur:

a) bei dem idiot. Kind (l. c. S. 155):
Maximum: 36,17°
Minimum: 35,98°

b) bei Delphina Parodi in den vier Messungen:
Maximum: Gehirn 38,31°. Rektum 38,23° (l. c. S. 128 Fig. 37)
Minimum: Gehirn 36,95°. Rektum 37,11° (S. 157 Fig. 45).

Wir wollen auch hier zunächst auf die Beobachtungen über die Einwirkung von Medikamenten eingehen, jedoch kommt natürlich nur Chloroform, das zu der Vornahme der Hirnpunktionen angewendet werden mußte, in Frage. Es stehen uns aber Beobachtungen an 5 verschiedenen Personen zur Verfügung, von denen allerdings die eine Beobachtung die Kleinhirntemperatur betrifft. Um einen gewissen Anhaltspunkt über das allmähliche Nachlassen der narkotischen Wirkung des Chloroforms zu haben, wurde die jeweilige Wiederkehr des Cornealreflexes geprüft. In folgender Tabelle VII sind die die Narkose betreffenden Messungen zusammengestellt, an letzter Stelle ist die Beobachtung IV über die Kleinhirntemperatur aufgeführt. Unter *a* ist die tiefste in der Narkose, d. h. sofort nach dem Aussetzen des Narkotikums, beobachtete Temperatur mitgeteilt, Spalte *b* gibt die

Gehirn- und Rektaltemperatur bei Wiederkehr des Cornealreflexes an, eine dritte Spalte enthält die Differenz (b—a), d. h. die Temperaturzunahme, welche bis zum Wiedereintritt des Cornealreflexes erfolgt ist. Die Spalte c gibt die Werte an, welche in der jeweiligen Beobachtungsreihe, beim Erwachen aus der Narkose, d. h. bei der Wiederkehr der Reaktion auf Anruf etc. festgestellt wurden und die letzte Spalte stellt nochmals die Differenz (c—a), d. h. die Gesamtzunahme, welche sich beim allmählichen Schwinden der Narkose von dem Zeitpunkt des Entfernens der Chloroformmaske an geltend gemacht hat, zusammen. Außer den Gehirntemperaturen enthält diese Tabelle VII auch die Rektaltemperaturen und auch die Differenzen (b—a) resp. (c—a), soweit solche gebildet werden konnten; ich hielt es nämlich in diesem Falle für übersichtlicher, statt negativer Werte dieser Differenzen $a \rangle b$ und $a \rangle c$ und statt des Wertes o $a = c$ in die Tabelle einzusetzen.

Tabelle VII.

Beobachtungs-Nr. etc.	a. in Narkose	b. Wiederkehr des Kornealreflexes	b—a	c. Erwachen aus der Narkose	c—a
Lz., 29 Jahre alt, F_2 l. I. Beobachtung					
Gehirntemperatur	37,19°	37,26°	0,07°	37,30°	0,11°
Rektaltemperatur	37,08	37,09	0,01	37,08	a = c
Hd., 12 Jahre alt, F_2 r. II. Beobachtung					
Gehirntemperatur	36,64	36,72	0,08	36,83	0,19
Rektaltemperatur	37,21	37,20	a > b	37,02	a > c
Ths., 11 Jahre alt, F_2 l. III. Beobachtung					
Gehirntemperatur	35,89	36,03	0,14	36,20	0,31
Rektaltemperatur	37,04	36,99	a > b	36,93	a > c
Hl., 53 Jahre alt, F_1 l. V. Beobachtung					
Gehirntemperatur	36,14	36,41	0,27	36,63	0,49
Rektaltemperatur	36,28	36,30	0,02	36,20	a > c
Lud., 38 Jahre alt, Kleinhirn IV. Beobachtung					
Gehirntemperatur	36,58	36,61	0,03	36,64	0,06
Rektaltemperatur	35,88	35,83	a > b	35,83	a > c

Ausnahmslos wurde also eine Zunahme der Gehirntemperatur beim Erwachen aus der Narkose beim Menschen, ebenso wie bei den Versuchen am Schimpanse festgestellt. Die rascheste Zunahme, welche beobachtet wurde, betrug 0,16° in 2 Minuten, also eine Zunahme von 0,08° in 1 Minute (Beobachtung II), es stellt dies die rascheste Temperaturzunahme am Gehirn dar, welche ich überhaupt beim Menschen wahrnehmen konnte. Von Wichtigkeit ist die Gegenüberstellung der Gesamtanstiege und der Zeit, in welcher derselbe stattfand, woraus sich dann ohne weiteres die durchschnittliche Zunahme pro Minute berechnen und so Vergleichswerte über die Schnelligkeit des Ablaufs der thermischen Prozesse

gewinnen lassen. Eine derartige Zusammenstellung enthält die Tabelle VIII, deren Spalten ohne weiteres verständlich sind.

Tabelle VIII.

Beobachtungs-Nr. etc.	Gesamtanstieg (c—a der Tabelle VII)	Anstieg in der Minute (Durchschnitt)
Lz., 29 Jahre alt. F_2 l. I. Beobachtung	in 5′ um 0,10°	0,02°
Hd., 12 Jahre alt. F_2 r. II. Beobachtung	in 14′ um 0,19°	0,0135°
Ths., 11 Jahre alt. F_2 l. III. Beobachtung	in 6′ um 0,31°	0,0516°
Hl., 53 Jahre alt. F_1 l. V. Beobachtung	in 28,5′ um 0,49° (?)	0,0171°
Lud., 38 Jahre alt. Kleinhirn. IV. Beob.	in 3′ um 0,06°	0,02°
(Mosso, idiot. Kind	in 4′ um 0,11°	0,027°)

Wir ersehen aus dieser Tabelle VIII, daß ebenso wie die Gesamtanstiege auch die durchschnittliche Zunahme pro Minute eine recht wechselnde, jedoch in den Werten von 0,01°—0,05° sich bewegende ist. Zum Vergleich ist die Beobachtung von Mosso an dem idiotischen Kind herangezogen und an letzter Stelle in der Tabelle aufgeführt; man ersieht daraus, daß die Werte sich einigermaßen entsprechen. Ich brauche hier kaum nochmals darauf hinzuweisen, warum ich Mossos Beobachtung über die Chloroformwirkung an der Delphina Paradi nicht für einwandfrei halte, da ich schon oben (S. 9) genügend hervorgehoben habe, daß in jenem Falle die gewaltige psychische Erregung die Chloroformwirkung maskiert habe. Es wäre natürlich von Interesse, die Temperaturzunahme und die relative Tiefe der Narkose gegenüber zu stellen, leider fehlt nur jedoch bei der verschiedenen individuellen Wirkungsweise der Narkotika jeder objektive Maßstab, denn auch die Zeit, welche vom Aussetzen des Narkotikums bis zum Eintritt der Reaktion auf Anruf eintritt, ist kein sicheres Kriterium für die Tiefe der Narkose. Objektiver scheint mir schon die Feststellung der Zeit zu sein, welche zwischen dem Aussetzen des Narkotikums und der Wiederkehr des Kornealreflexes verfließt. Eine solche Zusammenstellung enthält Tabelle IX, in der die Beobachtungen nach der Größe dieses Zeitraums geordnet sind.

Tabelle IX.

Beobachtungs-Nr. etc.	Zeit vom Aussetzen der Narkose bis zur Wiederkehr des Kornealreflexes	Gesamtanstieg
Hd., 12 Jahre alt. F_2 r. II. Beobachtung	2 Minuten	0,19°
Lud., 38 Jahre alt. Kleinhirn. IV. Beob.	3 „	0,06°
Ths., 11 Jahre alt. F_2 l. III. Beobachtung	4 „	0,31°
Lz., 29 Jahre alt. F_2 l. I. Beobachtung	5 „	0,10°
Hl., 53 Jahre alt. F_1 l. V. Beobachtung	17 „	0,49° (?)

Die Gesamtanstiege in Beobachtung V, welche ganz aus dem Rahmen der anderen Beobachtungen herausfallen, habe ich in den Tabellen mit einem Fragezeichen versehen, da wie oben (S. 59) ausgeführt, meiner Ansicht nach zu der Temperaturzunahme, wie sie das Erwachen aus der Narkose zu begleiten pflegt, sich noch die durch einen kurzen Krampfanfall bedingte Temperatursteigerung hinzuaddiert hat. Eine Gesetzmäßigkeit können wir aus der Tabelle IX nur dann in gewissem Sinne entnehmen, wenn wir Kinder und Erwachsene gesondert betrachten. Bei den beiden Knaben in Beobachtung II und III steht in der Tat die Gesamtzunahme in einem direkten Verhältnis zu der als Maßstab für die Tiefe der Narkose gewählten Zeit, welche bis zur Wiederkehr des Kornealreflexes verfließt. In gleicher Weise ordnen sich dann auch die drei Beobachtungen bei erwachsenen Patienten zusammen. Die geringste Zunahme der Gehirntemperatur hat Beobachtung IV, eine etwas größere Beobachtung I, die größte Beobachtung V aufzuweisen, während die entsprechenden Zeiten bis zur Wiederkehr des Kornealreflexes 3, 5 und 17 Minuten betragen. Allerdings bezieht sich die Beobachtung IV auf eine Feststellung der Kleinhirntemperatur und dürfte insofern auch nicht ohne weiteres mit den anderen Beobachtungen auf eine Stufe gestellt werden. Da in Beobachtung V der Krampfanfall erst nach der Wiederkehr des Kornealreflexes eingesetzt hat und da wir aus dem weiteren Verlauf dieser Beobachtung V die temperatursteigernde Wirkung eines Anfalls ungefähr entnehmen können, so scheint eine Heranziehung dieser Beobachtung unbedenklich, zumal da die Zunahme der Gehirntemperatur bis zur Wiederkehr des Kornealreflexes (0,27°) schon mehr beträgt als die Gesamtzunahme in Beobachtung I und IV.

Die geringste beobachtete Temperaturzunahme beim Erwachen aus der Narkose ist am Kleinhirn in Beobachtung IV festgestellt, dieselbe beträgt nur 0,06° und das Kleinhirn hat bis zur Wiederkehr des Kornealreflexes nur eine Zunahme von 0,03° aufzuweisen. Da aber die Beobachtungen am Schimpanse ergeben haben, daß eine gewisse Selbständigkeit der thermischen Prozesse in dem Kleinhirn gegenüber denen im Großhirn zu bestehen scheint, denn in Versuch VII und VIII konnte festgestellt werden, daß die Temperaturveränderung am Großhirn eher erfolgt als an dem Kleinhirn, so sind diese Werte der Beobachtung IV nicht den Beobachtungen der Großhirntemperatur gleichzusetzen. Man wird eben überhaupt beim Menschen bei einer Narkose viel vorsichtiger zu Werke gehen als in einem Tierversuch und dieselbe nach der gewünschten Wirkung auf das Großhirn nicht wesentlich weiter vertiefen, um die gefürchtete Beeinflussung tieferer Zentren des Hirnstammes zu vermeiden. Ehe es zu einer energischeren Wirkung auf diese tieferen Gehirnteile, zu denen auch das Kleinhirn gehört, kommt, wird die Narkose abgebrochen und daher auch die geringe Temperaturzunahme in diesem, weniger unter Narkosewirkung stehenden, Gehirnteile. Ich glaube, dies deswegen noch besonders hervorheben zu müssen, da man eventuell

aus dieser einen Beobachtung am Menschen die Annahme ableiten könnte, daß die thermischen Prozesse im Kleinhirn überhaupt weniger lebhafte seien als im Großhirn. Daß diese Annahme meiner Ansicht nach eine irrtümliche wäre, geht aus den Versuchen am Schimpanse hervor, bei denen gleich intensive Temperatursteigerungen unter der exzitierenden Wirkung des Chloroforms am Großhirn und Kleinhirn beobachtet werden konnten. Also in ganz begreiflichen Nebenumständen ist die geringe Zunahme der Kleinhirntemperatur begründet.

Lassen wir also auch lieber diese Beobachtung bei Seite, so können wir sagen, daß bei Berücksichtigung des Alters sich eine einfache Beziehung zwischen der Tiefe der Narkose und der beim Erwachen aus derselben sich einstellenden Temperaturzunahme des Großhirns feststellen läßt. Hierbei ist bemerkenswert, daß zwar eine Gegenüberstellung der durchschnittlichen Zunahmen pro Minute eine besondere Bevorzugung des jugendlichen Alters nicht ohne weiteres erkennen läßt, daß aber auch dabei auffällt, daß der größte durchschnittliche Minutenwert von $0{,}05^0$ auf einen 11 jährigen Knaben fällt. Stellen wir die Zunahmen in den einzelnen Beobachtungszeiten nach ihrem wahren Werte zusammen, so ergibt sich ohne weiteres, daß bei den Kindern die Temperaturzunahme in allen Fällen rascher erfolgt, und wie schon oben erwähnt, findet sich die höchste überhaupt in kürzester Zeit beobachtete Temperaturzunahme von $0{,}16^0$ in 2 Minuten bei einem 12 jährigen Knaben.

Alle bisher zusammengestellten Temperaturzunahmen am Großhirn und die eine Beobachtung am Kleinhirn betreffen jedoch den Zustand beim Erwachen aus der Narkose. Aus den Beobachtungen Mossos und den Versuchen am Schimpanse wissen wir aber, daß dem aufsteigenden Schenkel der Temperaturkurve ein Abfall im Verlauf der Narkose und diesem letzteren wieder eine Zunahme der Gehirntemperatur im Exzitationsstadium der Narkose vorangegangen sein wird. Und in der Tat haben wir dieses auch beim Menschen bei Beobachtung IV feststellen können, wo dem Knaben Ths. nach völligem Erwachen aus der ersten Narkose zur Vornahme der weiteren Punktion wieder Chloroform verabreicht wurde. Obwohl äußerlich ein Exzitationsstadium nicht in Erscheinung trat, erfolgte doch eine deutliche Temperaturzunahme des Großhirns. Eine Zusammenstellung aller bei Ths. in der Narkose beobachteten Veränderungen der Gehirn- und Rektaltemperatur enthält die kleine Tabelle X.

Aus derselben geht in diesem vollständig beobachteten Falle sehr schön hervor, daß die Abnahme der Gehirntemperatur bei Vertiefung der Narkose ebenso rasch erfolgt als die spätere Zunahme oder daß, wie dies ja zu postulieren war, die Ausschaltung gewisser thermischer Prozesse im Großhirn dieselbe Temperaturabnahme bedingt, wie die spätere Temperaturzunahme beim Wiedereinsetzen derselben beträgt.

Tabelle X.

Ths. 11 Jahre alt. F_2 1. Beobachtung III.

	Gesamtbetrag.	In 1 Minute (Gehirn)
a) Zunahme im Exzitationsstadium:	Gehirn: in 4 Min. um 0,08° Rektum: — 0,01°	+ 0,02°
b) Abnahme bei Vertiefung der Narkose:	Gehirn: in 4 Min. um 0,20° Rektum: + 0,01°	— 0,05°
c) Zunahme beim Erwachen aus der Narkose:	Gehirn: in 6 Min. um 0,31° Rektum: — 0,08°	+ 0,05°

Ehe wir auf die Besprechung der Wirkung der Reize auf die Gehirntemperatur eingehen, haben wir noch der Beobachtung der Wirkung eines Krampfanfalls auf die Gehirntemperatur zu gedenken. In Beobachtung V wurde ein solcher kurz vor dem Erwachen aus der Narkose nach Wiederkehr des Cornealreflexes und ferner nach dem Erwachen aus derselben drei in Pausen aufeinanderfolgende, auch sonst bei der Patientin auftretende kleine Anfälle mit Zähneknirschen, Trismus und Bewußtseinsverlust beobachtet. Die Gehirntemperatur nahm bei den drei, dem Erwachen aus der Narkose nachfolgenden Anfällen in 28 Minuten um 0,36°, also durchschnittlich in der Minute um 0,0128° zu. Die wahre Zunahme eines einzelnen Anfalles läßt sich aus dieser Beobachtungsreihe gleichfalls ganz gut entnehmen, dieselbe beträgt für den ersten Anfall in 12 Minuten 0,17°, dabei einmal eine maximale Zunahme von 0,05° in einer Minute. Vergleichswerte vom Menschen liegen nicht vor. Mosso hat beim Hunde viel beträchtlichere Zunahmen, allerdings im vollentwickelten epileptischen Anfall von 0,30° (l. c. S. 59) gesehen. Nehmen wir an, daß ein Betrag von 0,17° auf Rechnung des, sich in das Erwachen einschiebenden epileptischen Anfalls zu setzen wäre, so hatten wir in der V. Beobachtung immer noch eine Zunahme von 0,32° vor uns, die als Gesamtanstieg beim Erwachen aus der Narkose in Tabelle IX und in Tabelle VIII an Stelle von 0,40° einzusetzen wäre. Der dem ersten Anfall nach dem Erwachen nachfolgende zweite und dritte Anfall bedingt geringere Temperatursteigerungen, ganz ähnlich wie dies von Mosso im Tierexperiment bei mehreren aufeinanderfolgenden Anfällen festgestellt wurde und wohl eben auf eine Erschöpfung der kortikalen Prozesse, welche auch in den begleitenden thermischen Vorgängen zum Ausdruck kommt, zurückzuführen sein dürfte. Weitere Einzelheiten der im Anschluß an die Narkose angestellten Beobachtungen beim Menschen scheinen mir nicht erwähnenswert.

Wenden wir uns jetzt der Betrachtung derjenigen Reize zu, welche einen Einfluß auf die psychophysiologischen Vorgänge auszuüben pflegen, und überblicken wir zunächst die Beobachtungen am Schimpanse. In 4 oder auch in 5 Versuchen wurden derartige Reize angewendet, von diesen sind alle mehr oder

weniger gut gelungen, jedoch zeichnen sich der dritte und vierte Versuch durch die Deutlichkeit der Reaktionen an der Gehirntemperaturkurve vor allen anderen aus, und ich glaube, daß 2 derartig wohlgelungene Versuche, bei denen unkontrollierbare Nebenumstände nicht eingewirkt haben, mehr wert sind, als eine Hekatombe von Versuchen mit unsicheren Ergebnissen. Die Tabelle XI, deren Anordnung ohne weiteres verständlich ist, enthält eine übersichtliche Zusammenstellung der Ergebnisse. Unter den Reizen ist auch eine Carotiskompression wegen der bei Vornahme dieser Manipulation beim Tiere ausgelösten heftigen Angst mit aufgeführt, ebenso wirkten, wie schon oben hervorgehoben wurde, die subkutanen Injektionen von Medikamenten zunächst als schmerzhafter Reiz, ehe es zur Entfaltung der eigentlichen medikamentösen Wirkung auf den Organismus kam.

Tabelle XI.

Versuchs-Nr. etc.	Reiz	Zunahme im Gehirn	Gleichzeitige Zunahme im Rektum
II. Versuch: 3. Juli 1909 C. post. r.	Banane gezeigt	in 1 Min. um 0,05 °	0,03 °
	Schuß	in 1 Min. um 0,07 °	0,01 °
III. Versuch: 29. Juli 1909 Pa. sup. r.	Banane gegeben	in 1 Min. um 0,1 °	0,06 °
	Schlange gezeigt	in 1 Min. um 0,1 °	0,09 ° (Bewegungen)
IV. Versuch: 7. Aug. 1909 Pa. sup. l.	Schuß	in $^1/_2$ Min. um 0,07 ° (nachfolgender Abfall in 1 Min. 0,08 °)	0,04 °
	Karotiskompression	in 3 Min. um 0,28 °, also 1 Min. = 0,093 ° (Abfall 2 Min. = 0,2 °)	0,06 ° 0,02 °
V. Versuch: 14. Aug. 1909 Pa. sup. r.	Blitzlicht	in 3 Min. um 0,19 °, in der zweiten Minute um 0,08 °	0,10 ° 0,07 °
	Schmerzhafte Injektion	in 1 Min. um 0,08 °	0,09 ° (Bewegungen)
VI. Versuch: 24. Aug. 1909 C. post. l.	Schmerzhafte Injektion	in 1 Min. um 0,03 °	0,01 °

In dieser Tabelle ist auch der gleichzeitige Anstieg der Rektaltemperatur beigefügt, obwohl dieselbe während des ganzen Versuchs stetig anstieg infolge der vergeblichen Bewegungen, welche das Tier machte, um sich aus den Händen der ihn haltenden Personen zu befreien, ferner infolge einer gewissen, durch die Fesselung mit der Gummibinde bedingten Wärmestauung etc. Am schönsten zeigen den

Zusammenhang der Gehirntemperaturzunahme mit den Reizen der Versuch III und IV, wo auf den jeweiligen Anstieg nach dem Reiz ein analoger Abfall der Gehirntemperaturkurve folgt, ohne daß gleiche Veränderungen an der Rektaltemperaturkurve nachweisbar wären. In diesen Versuchen zeigt sich am eklatantesten, wie die Temperaturzunahme erst in der zweiten Minute nach dem Einwirken des Reizes an den eingelegten Gehirnthermometern sich geltend macht. Wir finden recht beträchtliche Schwankungen in 1 Minute bis zu $^1/_{10}{}^0$, im Durchschnitt beträgt die Zunahme 0,07°. Zum Vergleich habe ich hier die wenigen positiven Beobachtungen Mossos zusammengestellt.

Tabelle XII.

1. Heftige psychische Erregung. Baden des gefesselten Tieres (S. 18, Fig. 6 E)	Zunahme in 1 Min. um 0,16°
2. Schmerzhafte elektrische Reizung (S. 58, Fig. 17 C)	Zunahme in 1 Min. um 0,02°
3. Nennung des Namens des Hundes (Croonian Lecture, zitiert nach Soury II, S. 1275)	Zunahme in 1 Min. um 0,01°

Während also in der zweiten und dritten hier angegebenen Beobachtung von Mosso die Werte weit hinter den von mir am Schimpanse beobachteten Temperaturzunahmen zurückbleiben, habe ich eine so gewaltige Zunahme von 0,16° in 1 Minute, wie sie Mosso beobachtet, weder beim Schimpanse noch beim Menschen jemals gesehen, vielleicht könnte sie durch die Todesangst des gefesselt in das Wasser versenkten Tieres erklärt werden, wenn nicht andere rein physiologische Gründe, welche aber meiner Ansicht nach kaum so rasch wirken könnten, zur Erklärung mit herangezogen werden müssen. Von diesem einen Falle abgesehen, erkennen wir aber jedenfalls aus dieser Gegenüberstellung, daß die Beobachtungen am Hunde, soweit sie positiv waren, ganz gut mit den Feststellungen am Schimpanse harmonieren.

Im VI. Versuch am 24. August 1909 wurden auch unter der Einwirkung von 0,04 g. Morphin Versuche über die Einwirkung von Reizen angestellt. Eine Übersicht gestattet die Tabelle XIII auf der folgenden Seite.

Ob die Zunahme nach dem lauten Pfeifen wirklich auf diesen Reiz zurückzuführen ist, scheint mir zweifelhaft, wahrscheinlich ist es nur die Nachwirkung des sehr energischen Ammoniakgeruches auf das im Halbschlaf befindliche Tier. Da nicht die gleichen Reize im Normalzustand und unter Morphinwirkung angewandt wurden, so ist nur eine ungefähre Vergleichung der erzielten Temperaturzunahmen möglich, aus derselben geht aber ohne weiteres die Verminderung der die Reizwirkung begleitenden thermischen Prozesse in der Rinde hervor, wenn

Tabelle XIII.

Reize unter Morphinwirkung.

Reiz	Zunahme im Gehirn	Gleichzeitige Zunahme im Rektum
Konzentrierte Ammoniaklösung . .	in 2 Min. um 0,05°, also in 1 Min. = 0,025°	0,01°
Lautes Pfeifen (?)	in 1 Min. um 0,02° (?)	0,01°
Faradische Reizung der Hand etc. .	in 1 Min. um 0,01°	0,02°

man bedenkt, daß eine im Normalzustand äußerst schmerzhafte längere faradische Reizung nur eben imstande ist, die Temperatur um 0,01° zu erhöhen, während eine kurze subkutane Injektion bereits eine Temperaturzunahme im Gehirn von 0,03°—0,08° in der Minute hervorzurufen vermag. Was wir eben auch sonst aus den klinischen Erfahrungen, aus der Einwirkung der Narkotika auf die Rindenströme, wie dies BECK und CYBULSKI festgestellt haben[1]), wissen, zeigt sich eben auch hier, sie setzen die kortikalen Funktionen im weiteren Verlauf ihrer Wirkung herab. Unsere nur 30 mm weit eingeführten Thermometer beim Schimpanse unterrichten uns vorzugsweise über die Temperaturschwankungen der an ihrem Quecksilbergefäß anliegenden, durchbohrten Rinde und des subkortikalen Marklagers. Auf eine, wie ich glaube, wichtige Tatsache möchte ich an der Hand der schon wiederholt als besonders gelungen bezeichneten Versuche III und IV eingehen. Nachdem im Versuch III dem Schimpanse die Banane gegeben und er sie verspeist hatte, erfolgt ein beträchtlicher, den vorangehenden Anstieg um das Doppelte übertreffender, anfangs ziemlich rasch, dann langsamer und gegen Ende wieder sehr rasch sich vollziehender Abfall, dessen Verlauf sich auf 5 Minuten erstreckt. Gleichzeitig setzt die Rektaltemperatur ihren energischen Anstieg fort. Noch eklatanter zeigt sich dies im Versuch IV nach Einwirkung des Schusses bei *B* (Kurve 4 Seite 23). Die Gehirntemperatur steigt erst bis *C*, dann bis *D* im ganzen in $2\frac{1}{2}$ Minuten um 0,09° an und fällt dann von *D* bis *E* in 3 Minuten um 0,18° ab, also der Abfall ist genau doppelt so groß als der Anstieg, und während dieses Abfalls steigt die allgemeine Körpertemperatur, wie sie in den Rektalmessungen zum Ausdruck kommt, um 0,14° an. Deutlicher als an irgend einer anderen Stelle kommt hier die Selbständigkeit der thermischen Prozesse in der Hirnrinde zum Ausdruck, doch nicht deshalb bin ich hier nochmals auf diese Kurve eingegangen. Die schöne Beobachtung zeigt, daß der einem Reiz folgende Abfall den Anstieg um das Doppelte übertreffen kann; weist das nicht auch darauf hin, daß den Prozessen mit positiver Wärmetönung sich

1) BECK und CYBULSKI, Weitere Untersuchungen über die elektrischen Eischeinungen in de Hirnrinde. Ref. Zentralbl. f. Phys. 1892, Bd. VI, S. 90 u. 91.

solche mit negativer anschließen, wie man dies auch aus thermoelektrischen Versuchen schließen zu können meinte?[1])

Daß der Fortfall eines mit positiver Wärmetönung verlaufenden kortikalen Prozesses eine Wiederabnahme der erhöhten Temperatur bedingt, scheint bei dem ständigen Wärmeverlust, der nicht von den Kleidern bedeckten Körperteile ganz selbstverständlich. Über die Schnelligkeit des Rückgangs der Temperatursteigerung ließe sich nur an der Hand von experimentellem Material entscheiden. Daß aber die nachfolgende, durch Wärmeausstrahlung bedingte Temperaturabnahme doppelt so viel betragen solle, ist nicht ohne weiteres wahrscheinlich, dabei können vielleicht uns einige rechnerische Betrachtungen helfen, allerdings müssen wir dabei das allein vom Menschen vorliegende Zahlenmaterial verwenden. Nach den Untersuchungen von ATWATER verlassen unseren Körper bei Ruhe pro Stunde und pro Quadratmeter Oberfläche im Mittel 45 Kalorien oder pro Quadratzentimeter 0,00125 g ca.[2]). Nehmen wir die spezifische Wärme der Haut = 0,7 ⁰ an und rechnen die Hautdicke = 2 mm, so würde 1 qcm Haut einer Masse von 0,2 ccm entsprechen und bei einem spezifischen Gewicht derselben von 1,1 eine Gewichtsmenge von 0,22 g darstellen. Die Wärmeabgabe steht im reziproken Verhältnis zur spezifischen Wärme[3]), ist also $\frac{1}{0{,}7} = 1{,}4$. Die Wärmeabgabe pro Minute würde im Durchschnitt nach den Zahlen ATWATERs = 0,075 g ca. sein, d. h. 1 g Wasser würde um 0,075⁰ abnehmen, 0,22 g Wasser nur um den 4,5 ten Teil, also um 0,017⁰, dieselbe Menge Haut jedoch um 1,4 mal so viel also um 0,0238⁰, in 3 Minuten um 0,0714⁰. Die Abkühlung eines Quadratzentimenter der Haut in 3 Minuten würde also ungefähr 0,0714⁰ betragen, nun können allerdings diese Zahlen nicht ohne weiteres auf die Verhältnisse am Schimpanse übertragen werden. Bedenkt man also, daß es sich nicht um den Wärmeverlust an der Hautoberfläche, sondern im Schädelinnern handelt, und daß daselbst in 3 Minuten die Temperatur um 0,18⁰, also um mehr als den doppelten Betrag abnimmt, so scheint diese Überlegung doch zugunsten von Prozessen mit negativer Wärmetönung für endothermische Prozesse zu sprechen. Allerdings ist bei dieser Überlegung der durch das Glasthermometer selbst und durch den Umstand, daß die mit Haaren dicht bedeckte Haut vor der Punktion rasiert worden war, bedingte größere Wärmeverlust, welcher aber sicherlich in 3 Minuten nur einen ganz geringen Betrag ausmachen kann, außer Berechnung geblieben. Jedenfalls sind trotz ihrer Feinheit und Empfindlichkeit für solche Feststellungen Quecksilberthermometer zu schwerfällig und weisen die bisherigen

1) TANZI, Ricerche termoelettriche sulla corteccia cerebrale in relazione con gli stati emotivi. Reggio-Emilia 1889. Zitiert nach SOURY, l. c. S. 1267.

2) Zitiert nach ZWAARDEMAKER, Die physiologisch wahrnehmbaren Energieveränderungen. Ergebnisse der Physiologie, 1905, Bd. IV, S. 428.

3) BERLINER, Lehrbuch der Experimentalphysik. Jena 1903, S. 285.

Ergebnisse ganz von selbst auf eine Fortführung und Ergänzung dieser Beobachtungen durch thermoelektrische Messungen hin. Bedenken wir aber, daß auch die sehr sorgfältigen und unter leichter kontrollierbaren Bedingungen am Muskel angestellten Versuche ergeben haben, daß sich der Muskel bei der Tätigkeit niemals abkühlt[1]) und auch sonst die Frage nach endothermischen Prozessen bei den belebten Organismen meist ablehnend beantwortet ist[2]), so werden wir auch hier zunächst nach anderen Gründen für die rasche Abkühlung suchen müssen, können aber die Möglichkeit endothermischer Prozesse nach den hier mitgeteilten Beobachtungen am Schimpansen nicht ganz von der Hand weisen. Dagegen waren die unter den verschiedendsten psychophysiologischen Reizen erfolgenden Temperaturzunahmen am Großhirn unzweideutige und übertrafen unsere, namentlich auf das Ergebnis der von MOSSO mitgeteilten Versuche sich stützenden Erwartungen bei weitem. Hinter den großen, bis zu ein zehntel Grad betragenden Temperaturzunahmen im Großhirn innerhalb einer Minute blieben die bei den Menschen unter der Einwirkung solcher Reize beobachteten Temperaturverschiebungen wesentlich zurück, worauf schon oben bei der Mitteilung der diesbezüglichen Beobachtungen VI und VII hingewiesen wurde.

Wir kommen jetzt zur Besprechung der interessantesten Ergebnisse, nämlich der Befunde beim Menschen im Wachzustaud. Dem Umstand, daß in beiden Beobachtungen (VI und VII) die Gehirntemperatur die Rektaltemperatur übertrifft, kommt keine besondere Bedeutung bei, denn wir sehen auch bei den Versuchen am Schimpanse, daß die anfänglich niedrigere Rektaltemperatur allmählich höher stieg als die intrazerebrale Temperatur, und bei den Beobachtungen am Menschen unter Chloroformwirkung sahen wir ebenfalls, daß beim Erwachen der Patienten die Rektaltemperatur höher, im anderen Falle niedriger war als die Gehirntemperatur. In MOSSOs Beobachtungen an der Delphina Parodi erkennen wir fast durchweg, daß die Rektaltemperatur die Gehirntemperatur um einige zehntel Grade übertrifft. In meinen zwei Beobachtungen wurden verschiedene Reize angewandt, und die Tabelle XIV gibt eine übersichtliche Zusammenstellung der erzielten Befunde.

Die Ergebnisse beider Beobachtungen stimmen gut miteinander überein, so hat z. B. ein Schreckreiz in beiden Fällen eine Temperaturzunahme im Großhirn von $0{,}02^0$ in $^1/_2$ Minute bedingt, und während ein Skeptiker immer noch in Beobachtung VI, No. 4 die Zunahme der Gehirntemperatur auf die Beinbewegungen unter Hinweis auf die Zunahme der Rektaltemperatur zurückzuführen versuchen könnte, obwohl MOSSO dargetan, daß willkürliche Bewegungen selbst auf die

1) FRANK, Thermodynamik des Muskels. Ergebnisse der Physiologie, Bd. III, 2, S. 434.

2) ZWAARDEMAKER, Die im ruhenden Körper vorgehenden Energieveränderungen. Ergebnisse der Physiologie, 1906, Bd. V, S. 130.

Tabelle XIV.

Beobachtung etc.	Reiz	Zunahme der Gehirntemperatur	Gleichzeitige Veränderung der Rektaltemperatur
Chr., 3 Jahre alt. Beobachtung VI. F. 2 l.	1. Fortlaufendes Ausfragen	in 4 Min. um 0,15° (1 Min. = 0,0375°)	+ 0,04°
	2. Energische Ermahnung	in 1 Min. um 0,01°	0
	3. Kneifen der Haut	in ½ Min. um 0,01°	+ 0,37° (Bewegung der Beine)
	4. Erschrecken (plötzliches Geräusch)	in ½ Min. um 0,02°	+ 0,25° (Bewegung der Beine)
Str., 29 Jahre alt. Beobachtung VII. Pa. sup. r.	5. Fortlaufendes Rechnen: a) im Beginn	in 3 Min. um 0,07° (1 Min. = 0,023°)	0
	b) bei Fortsetzung	in 7 Min. um 0,01°	+ 0,02°
	6. Lautes Gespräch auf dem Korridor (?)	in 1 Min. um 0,01°	— 0,01°
	7. Schuß mit deutlichem Erschrecken	in ½ Min. um 0,02°	— 0,01°

über den Zentralwindungen gemessene subdurale Temperatur keinen Einfluß haben, so fällt dieser Einwand in Beobachtung VII, No. 7 ganz fort, die Rektaltemperatur fällt sogar ab. Ob die Temperaturzunahme in Beobachtung VII, No. 6 wirklich auf das Geräusch, d. h. das laute Gespräch auf dem Korridor, bezogen werden muß, scheint mir wegen des zeitlichen Zusammenfallens sehr wahrscheinlich, beweisen kann ich es natürlich nicht und habe daher diese einzelne Feststellung mit einem Fragezeichen versehen. Auch mit Mossos Beobachtungen an der 12 jährigen Delphina Parodi harmonieren diese Befunde durchaus ich habe in Tabelle XV die von Mosso gefundenen Zahlen zusammengestellt.

Tabelle XV.

Mossos Beobachtungen an Delphina Parodi.

Reiz	Zunahme der Gehirntemperatur
1. Androhung der Chloroformierung (S. 125, Fig. 36 G)	in 1 Min. um 0,01°
2. Hundegebell im Schlaf (S. 131, Fig. 38 B)	Zunahme in 15 Min. um 0,10° (1 Min. = 0,007°)
3. Erregung wegen beginnender Chloroformierung (S. 157, Fig. 45 A)	in 1 Min. um 0,04°

Die Schnelligkeit der jeweiligen Zunahme ist sogar eine auffallend gleichartige, die Temperaturzunahme von 0,04° in 1 Minute übertrifft zwar die höchsten, unter einem einmaligen Reiz von mir beobachteten Veränderungen, dieselben zeigen aber auch in Beobachtung VI und VII die gleiche Schnelligkeit der Zunahme (in $^1/_2$ Minute um 0,02°). In meinen beiden Beobachtungen bedingt eine fortlaufende intellektuelle Inanspruchnahme, sei es durch Ausfragen oder besser durch fortlaufendes Rechnen, eine deutliche Zunahme der Temperatur des Großhirns. In Beobachtung VII beträgt die Zunahme allerdings nur 0,07°, während CAVVAZZANI bei geistiger Arbeit eine Zunahme von 0,2° beobachten konnte; allerdings weiß ich nicht, wie lang die Arbeit fortgesetzt wurde. Ich muß gestehen, ich hatte kaum eine größere Zunahme erwartet; interessant ist auch die Tatsache, daß die Zunahme in den ersten 3 Minuten bei Aufnahme der Arbeit erfolgt und bei der weiteren Fortsetzung derselben die weitere Zunahme in 7 Minuten nur 0,01° beträgt. Nach dem Aussetzen der Arbeit erfolgt keineswegs sofort der Abfall der Gehirntemperatur, sondern derselbe stellt sich erst später ganz allmählich ein. Hervorgehoben mag noch werden, daß ein energischer Freudereiz (10-Mark-Stück) nicht imstande war, eine Zunahme der Gehirntemperatur hervorzurufen und daß sogar nach 1 Minute die Gehirntemperatur ihren Abfall begann. Der kurze Zeit darauf folgende Schreckreiz zeigte deutlich, daß die Temperatur wohl imstande ist, energische Reaktionen zum Ausdruck zu bringen. In Hinblick auf die oben berührte Frage endothermischer Prozesse scheint es mir wichtig, darauf hinzuweisen, daß in beiden Beobachtungsreihen etwas ähnliches, wie z. B. nach dem Schuß beim Schimpansen nicht zur Beobachtung kam. Sehen wir die nach den jeweiligen Zunahmen unter der Reizwirkung nachfolgenden Abfälle der Temperatur in Beobachtung VI und VII genauer an, so sehen wir in keinem Falle das Überwiegen des Abfalles über den Anstieg, und namentlich in Beobachtung VII sehen wir, wie nach der Temperaturzunahme um 0,02° unter der Schußwirkung, welche in $^1/_2$ Minute sich eingestellt hatte, die Temperatur allmählich zunächst in $^1/_2$ Minute um 0,01°, dann noch langsamer zurückgeht. Natürlich ist bei den trotz ihrer Empfindlichkeit immer noch recht langsam reagierenden Quecksilberthermometern ein bindender Schluß auf das Fehlen endothermischer Prozesse nicht zu machen und bedarf es deshalb weiterer Untersuchungen. Wie es auch schon oben hervorgehoben wurde und wie aus einer Vergleichung der Tabellen XI und XIV ohne weiteres hervorgeht, sind die Zunahmen der Gehirntemperatur beim Menschen unter der Einwirkung psychophysischer Reize viel geringere als beim Sehimpansen. Ein Revolverschuß löst beim Schimpansen eine Temperaturzunahme von 0,07° in $^1/_2$ Minute aus, der gleiche Reiz bewirkt bei Str. eine solche von 0,02° in $^1/_2$ Minute; Zunahmen der Gehirntemperatur bis ein zehntel Grad sind in Tabelle XI beim Schimpansen öfters verzeichnet, während eine so gewaltige Zunahme beim Menschen nie be-

obachtet werden konnte und die höchste Zunahme, die ich im Wachzustand feststellen konnte, 0,02° betrug. Dagegen bieten aber die weniger intensiven Temperaturveränderungen im menschlichen Gehirn, und darauf wurde oben schon hingewiesen, eine schnellere Reaktion als beim Schimpansen dar; während dort erst in der zweiten Minute nach Einwirkung des Reizes die Temperaturzunahme festgestellt werden konnte, sehen wir in den Beobachtungen beim Menschen schon nach $^1/_2$ Minute die voll entwickelte Temperaturzunahme. Die naheliegende Annahme, daß durch das jugendliche Alter des Versuchstieres sowohl diese intensivere Zunahme der Gehirntemperatur als auch deren langsamerer Eintritt bedingt sei und so die Unterschiede gegenüber den Beobachtungen am menschlichen Gehirn nur scheinbare seien, kann leicht unter Hinweis auf die Beobachtung VI, welche am 3jährigen Kind angestellt wurde und die gleichen unterscheidenden Merkmale gegenüber den Feststellungen am Schimpanse erkennen läßt, widerlegt werden.

Es muß nun noch etwas näher auf die Beobachtung VII an Str. eingegangen werden, weil an dem nämlichen Patienten von mir zahlreiche plethysmographische Untersuchungen des Gehirns vorgenommen und deren Resultate veröffentlicht wurden[1]) und ebenso liegen auch demselben Patienten gewonnene Bestimmungen der Veränderung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswelle in den Gehirngefäßen, welche 1907 von mir veröffentlicht[2]) wurden, vor. Bei den plethysmographischen Versuchen wurden die Kurven von der auf Abbildung 11 noch deutlich sichtbaren und in nächster Nachbarschaft unserer Punktionsstelle gelegenen Gegend der ersten Operation aufgenommen. Es kamen die verschiedensten Reize zur Verwendung. Bei Lösung von Rechenaufgaben, wie 112 — 42, 7 × 188, konnte eine deutliche Zunahme des Volumens des Gehirns und seiner Pulsationshöhe festgestellt werden (Teil I, S. 78 und Kurve 5 und 6 auf Tafel II und III). Daß es sich hierbei um eine aktive Erweiterung der Gehirngefäße handelte, konnte auch durch die deutliche Zunahme der Pulsverspätung (Teil II, S. 54, Tafel XXIV, K. 61 9 × 167) bestätigt werden. Ich glaube zwar nicht, daß die einfache Lösung eines Exempels, welche nur wenige Sekunden in Anspruch nimmt, die Gehirntemperatur wenigstens bei der zunächst angewandten Messungsmethode mit Quecksilberthermometern in nachweisbarer Weise beeinflussen wird, aber die fortgesetzte Inanspruchnahme macht sich doch auch deutlich bei unseren Temperaturmessungen in der Form einer Temperaturzunahme

1) H. BERGER, Über die köperlichen Äußerungen psychischer Zustände, Bd. I, Jena 1904.

2) l. c. Bd. II, Jena 1907. Es mag bei dieser Gelegenheit gleich darauf hingewiesen werden, daß auf S. 107, 108, 113 und 114 in der die Pulsverspätung im Gehirn enthaltenden Spalte der Zusammenstellung wiederholt eine 0 vergessen und dieser Druckfehler übersehen wurde. Es muß statt 0,9 etc. natürlich 0,09 etc. heißen, wie dies aus den Resultaten der vorangehenden Messungen klar hervorgeht und auch in die graphischen Darstellungen richtig eingetragen wurde.

geltend. Wie aus den plethysmographischen Beobachtungen ferner hervorgeht, bedingt ein einfacher Sinnesreiz bei Str., wie z. B. das Vorhalten einer Stimmgabel vor das Ohr (Teil I, S. 93 und K. 13, Tafel VII) zwar eine deutliche, allerdings sehr rasch vorübergehende Zunahme des Gehirnvolumens und seiner Pulsationshöhe, ich bezweifle aber ebenfalls, daß derselbe imstande wäre, eine so nachweisbare Änderung der Gehirntemperatur zu bedingen. Die wahrscheinlich durch das Geräusch auf dem Korridor bedingte Zunahme von 0,01 ° kam dadurch zustande, daß Str. längere Zeit angestrengt auf das ihn zweifellos interessierende undeutliche Gespräch der Damen lauschte. Daß meine Annahme der mangelnden Wirkung eines Sinnesreizes auf die Gehirntemperatur trotz der deutlichen Beeinflussung der plethysmographischen Kurve des Gehirns die richtige sein dürfte, geht vor allem auch aus der Beobachtung über die Wirkung des Geldgeschenkes hervor. Bei Str. rief ein Geschenk von 10 Mark eine deutliche Zunahme der Pulsationshöhe des Gehirns hervor (Teil I, S. 139 und K. 32 Tafel XVI) und bei den Bestimmungen der Pulsverspätung (Teil II, S. 72) konnte festgestellt werden, daß eine Zunahme derselben, also eine Erweiterung an den Pialgefäßen, sich einstellt. Bei der oben mitgeteilten Beobachtung VII konnte bei dem nämlichen Str. an benachbarter Rindenstelle eine Temperaturzunahme nicht festgestellt werden, obwohl Str. noch ebenso wie damals sehr empfänglich für derartige Geschenke war und ganz abgesehen von seinen eigenen Beteuerungen die Freude auch deutlich zeigte. Sehr interessant dürfte endlich die Gegenüberstellung der positiven Reaktion an der Gehirntemperaturkurve mit den positiven Befunden an der plethysmographischen Kurve nach der Einwirkung eines Revolverschusses bei Str. sein. Bei Str. wurde früher nach einem unvermuteten Revolverschuß (Teil I, S. 101 ff. und K. 18 und 19 auf Tafel X) eine deutliche 8—9 Sekunden anhaltende Kontraktion der Pialgefäße mit nachfolgender Erweiterung derselben, die etwa 20 Sekunden nach dem Schuß ihr Maximum erreicht hat, beobachtet. Durch Messung der Pulsverspätung konnte (Teil II, Seite 63) nachgewiesen werden, daß diese anfängliche Kontraktion eine ganz beträchtliche sein muß. Von diesen feinen Veränderungen, namentlich der vorangehenden Kontraktion finden wir nichts in der Beobachtung VII. Wir finden lediglich 30 Sekunden nach dem Schuß eine Temperaturzunahme um allerdings 0,02 °, die allmählich zurückgeht. Wir ersehen jedenfalls daraus, daß unter Berücksichtigung der Trägheit der Quecksilberthermometer beide Beobachtungsreihen bei Str. gut übereinstimmen, wenn auch, wie aus den obigen Gegenüberstellungen schon hervorging, die phletysmographische Methode bezüglich kurzdauernder, leichter Veränderungen wenigstens dieser Art der Temperaturmessung weit überlegen ist. Und doch wird sich im folgenden ergeben, daß in Wirklichkeit die Temperaturmessung die wertvolleren Aufschlüsse zu geben vermag, da sie uns wirklich quantitative Angaben zu liefern imstande ist.

IV.

Allgemeine Ergebnisse.

Am Schlusse der vorangehenden Besprechungen hob ich hervor, daß die Temperaturmessungen uns quantitative Bestimmungen liefern und daß darin ihre Überlegenheit gegenüber den sonst viel mehr Einzelheiten darbietenden plethysmographischen Untersuchungen des Gehirns zu sehen sei. Dank der bahnbrechenden Entdeckung ROBERT MAYERs und der Festsetzung der Reizschwelle und Reizhöhe für verschiedene Sinnesgebiete in absolutem Maße, wie sie von WIEN, von v. KRIES, ZWAARDEMAKER und anderen versucht wurde, könnten wir uns schon vor der Einführung der Thermometer in das menschliche Gehirn eine ungefähre Vorstellung von der Größe der zu erwartenden Temperaturschwankungen unter Sinnesreizen machen. Wir könnten an der Hand der physiologischen Deutung des WEBER-FECHNERschen Gesetzes versuchen festzustellen, wie viel von dem äußeren Reiz bei der Aufnahme in das periphere Sinnesorgan und bis zum Einsetzen der kortikalen Prozesse verloren geht. In Hinblick auf die Untersuchungen von FOUCAULT[1]) und LANGELAAN[2]), welche im Gegensatz zu der Annahme, die zur Formulierung des WEBERschen Gesetzes geführt hat, keinen konstanten Wert für $\frac{\Delta R}{R}$ innerhalb einer Versuchsreihe, sondern ein An- und Abschwellen dieses Wertes ergeben haben, werden wir jedoch von einem solchen Versuch etwa an der Hand der von SALOMONSON[3]) korrigierten Formel WEBER-FECHNERs den Verlust zu berechnen, abstehen müssen, da alle erforderlichen einzelnen Größenbestimmungen fehlen. Wir nehmen daher vorläufig an, der Reiz *R* der Außenwelt gelange in gleicher Intensität in der Hirnrinde an und löse dort einen gleich intensiven Prozeß, den wir mit ZIEHEN[4]) *Rc* nennen wollen, aus;

1) FOUCAULT, Psychophysique, Paris 1901, p. 480 ff.

2) LANGELAAN, Beiträge zur Physiologie des Reflexapparates. Archiv für Anatomie und Physiologie. Physiologische Abteilung, Suppl.-Bd. 1903, S. 370.

3) SALOMONSON, Die Effektgröße als Funktion der Reizgröße. Pflügers Archiv, Bd. C, 1903.

4) ZIEHEN, Physiologische Psychologie, 6. Aufl., Jena 1902, S. 32.

bekanntlich setzt die physiologische Deutung des FECHNERschen Gesetzes die Intensität der Empfindung der Intensität des kortikalen Prozesses gleich und nimmt, gegründet auf gewisse Beobachtungen von WALLER, PFEFFER und LEHMANN, an, daß $Rc = ln\, R$ sei, oder daß ein einer gewisser Betrag der Intensität von R gewissermaßen durch innere Reibung der Maschine bei Leitung und Transformation verloren gehe.

Wir sehen also von diesem Verlust zunächst ab und nehmen ferner gleichfalls lediglich zur Vereinfachung unserer Beobachtungen an, daß die bei einem kortikalen Prozeß entwickelte Wärme der ganzen umgesetzten Energiemenge entpreche. Bekanntlich stellt die chemische Energie die wesentlichste Energiequelle des Tierkörpers dar und wir haben es im vorliegenden Falle mit der chemischen Energie des Großhirns zu tun. Nun kann die in einer Energiequelle aufgespeicherte Energiemenge, die sogenannte innere Energie eines chemischen Systems, in verschiedener Weise verausgabt werden, sie kann in Wärme allein, oder in Wärme und Arbeit, oder endlich in Wärme, Arbeit und andere Energieformen umgesetzt werden. Während, wie ROBERT MAYER hervorgehoben hat, bei den Vorgängen in der anorganischen Natur ein gewisser Antagonismus zwischen freier Wärme und mechanischer Arbeit besteht und eine Zunahme der freien Wärme eine Abnahme der Arbeitsfähigkeit bedeutet, gelten für organische Gewebe, wie z. B. den Muskel, andere Beziehungen. Beim Muskel fällt das Maximum des mechanischen Effektes mit dem Maximum des thermischen Effektes zusammen[1]), oder mit anderen Worten, die transformierte Energie wird in konstantem Verhältnis über die verschiedenen Formen, in welche sie verwandelt wird, verteilt (LANGELAANs Teilungsgesetz). Es findet also eine proportionale Zunahme der verschiedenen entstehenden Energieformen bei Steigerung des gesamten Energieumsatzes statt, so daß aus den Veränderungen der Intensität einer bestimmten Energieform ein Rückschluß auf die Intensität des Gesamtumsatzes gemacht und die Größe dieser Veränderungen als Maßstab für den Gesamtumsatz benutzt werden kann. Vom Muskel wissen wir, daß etwa 36 % der verlorenen Spannkräfte in Arbeit und 64 % in Wärme umgesetzt werden[2]). Ähnliches wird auch wohl für die Hirnrinde gelten, die Wärmebildung bei der Funktion wird nur einem Teil des Gesamtumsatzes anchemischer Energie entsprechen, aber doch andererseits einen Maßstab für die Intensität des kortikalen Umsatzes abgeben können. Der Einfachheit halber nehmen wir aber mal an, daß der Gesamtumsatz in Wärme verwandelt würde. Wir könnten dann mit der in absolutem Maße bekannten Reizschwelle, der annähernd bekannten spezifischen Wärme der tierischen Gewebe und unter den beiden Hilfsannahmen, daß $Rc = R$ und alles in Wärme

1) FRANK, Thermodynamik des Muskels. Ergebnisse der Physiologie, Bd. III, 2. Abteilung, S. 348 ff., S. 416.

2) A. FICK, Myothemische Untersuchungen. Wiesbaden 1889, S. 42.

umgesetzt werde, von vornherein berechnen, wie groß ungefähr die Temperaturzunahme in diesen als ideal zu bezeichnenden Falle unter der Einwirkung eines Sinnesreizes in der Hirnrinde wäre.

Jedoch auch hierfür fehlen uns wesentliche Einzelheiten. Wir kennen zwar Dank den Untersuchungen FLECHSIGs, HENSCHENS, von MONAKOWs und anderer die Lage der Sinneszentren ziemlich genau, wir kennen aber ihre Größe in absolutem Maße nicht. Wir müssen doch annehmen, daß ein Gesichtsreiz vornehmlich der Sehsphäre übermittelt und daselbst chemische Vorgänge bedingen wird, die mit einer Wärmeentwicklung einhergehen können. Wenn ich die Masse der Sehsphäre kennen würde, könnte ich unter der berechtigten Annahme, daß der im absoluten Maße bekannte Gesichtsreiz auf dieselbe einwirkt, unter den oben gemachten Reserven berechnen, um wieviel die Temperatur der Sehsphäre zunehmen müßte. Aber Bestimmungen über die Größe der Sinnesflächen beim Menschen in der, nach den neuesten Forschungen festgestellten, Ausdehnung lagen bei Beginn meiner Untersuchungen nicht vor, und ich bin eigentlich recht froh, da mich die Berechnung des angenommenen idealen Falles sicherlich überhaupt von den Temperaturmessungen abgehalten haben würde. Da also die Größe der Sinneszentren im absoluten Maße nicht bekannt war, ging ich selbst daran dieselbe zu bestimmen. Ich wählte dazu die Methode der Belegung der Oberfläche der Sinneszentren mit Stanniolpapier, das in kleine Quadrate usw. geschnitten war und welches nach längeren Austrocknen mit einer feinen chemischen Wage von einem in derartigen Wägungen geübten Herrn gewogen wurde. 100 qcm des verwendeten Stanniolpapiers wogen 0,6385 gr, 1 qcm also 6,385 mgr. Die ersten beiden Bestimmungen wurden an der rechten Hemisphäre eines 26jährigen, an Tuberkulose verstorbenen Mannes ausgeführt. Die Hemisphäre war einige Wochen in 10% Formalin gehärtet worden und war nicht wesentlich verändert durch diese Härtung. Zunächst wurde die Ausdehnung der Sehsphäre entsprechend den Feststellungen von HENSCHEN[1]) bestimmt. Dieselbe nimmt die obere und untere Lippe der Fissura calcarina ein und greift etwa 4 mm breit nach oben und unten auf die mediale Fläche des Gehirns über. Der in dieser Ausdehnung ausgeführte Stanniolbelag ergab ein Gewicht von 0,1611 gr und somit für die rechte Sehsphäre eine Fläche von 25,231 qcm. Anschließend an die Feststellungen FLECHSIGs[2]) über die Ausdehnung der Hörsphäre, wurde die Oberfläche der HESCHLschen Windung, des Gyrus temporalis profundus (anterior), und die nach vorn anschließende Fläche von T_1 in der Breite von 3 mm mit Stanniolpapier belegt. Das Gewicht des aufgelegten Stanniolpapiers betrug 0,0593 g und aus

1) HENSCHEN, Klinische und anatomische Beiträge zur Pathologie des Gehirns. Upsala 1890—1903, Bd. I—IV.

2) FLECHSIG, Bemerkungen über die Hörsphäre des menschlichen Gehirns. Neurolog. Zentralblatt 1908, S. 1 u. 50.

demselben ergab sich eine Größe der rechten Hörsphäre von 9,287 qcm. Da beide Feststellungen am gehärteten Gehirn gemacht waren, beschloß ich an frischem Material weitere Bestimmungen vorzunehmen. Es empfiehlt sich die Verwendung frischem Materials auch deshalb, weil an der leicht klebrigen Oberfläche die Stanniolblättchen leichter haften und dadurch das Arbeiten wesentlich erleichtert ist, allerdings müssen die Stanniolblättchen länger im Thermostaten getrocknet werden. Zu den Ausmessungen wurde das Gehirn eines 33jährigen tötlich verunglückten (Beckenbruch) Mannes verwendet; das Gehirn war 2—3 Stunden vorher bei der einige Stunden nach dem Tode vorgenommenen Sektion der Leiche unzerschnitten entnommen worden. Nach Abziehen der zarten Pia-Arachnoidea wurden die Stanniolbelegungen ausgeführt. Außer der Bestimmung der Ausdehnung der Hörrinde in dem eben angegebenen Umfang und derjenigen der Sehsphäre, wurde auch die Oberfläche der hinteren Zentralwindung von der Tiefe des Sulcus Rolando bis zum Sulcus postcentralis und von der Mantelkante bis zur Fossa Sylvii mit Stanniol belegt. Endlich wurde auch die Ausdehnung der vorderen Zentralwindung von der Tiefe des Sulcus Rolando bis zum Sulcus praecentralis und ebenfalls von der Mantelkante bis zur Fossa Sylvii bestimmt. Der Lobus paracentralis wurde nicht berücksichtigt und zwar aus rein äußeren Gründen, da die Grenze der motorischen Region innerhalb desselben verschieden angegeben wird. Es wurden folgende Gewichte und dementsprechende Oberflächen bei den, an beiden Hemisphären ausgeführten Bestimmungen festgestellt.

Hörrinde r. = 0,0895 g = 14,017 qcm
„ l. = 0,0822 „ = 12,874 „
Sehrinde r. = 0,1492 „ = 23,367 „
„ l. = 0,1203 „ = 18,841 „
Hintere Zentralwindung (bis Mantelkante)
r. = 0,1734 g = 27,157 qcm
l. = 0,1892 „ = 29,631 „
Vordere Zentralwindung (bis Mantelkante)
r. = 0,1990 g = 31,166 qcm
l. = 0,2230 „ = 34,925 „

Im Mittel finden wir also für die:

Hörrinde: 13,445 qcm
Sehrinde: 21,104 „
Hintere Zentralwindung: 28,394 „
Vordere „ : 33,045 „

Bestimmen wir die Gesamtausdehnung dieser Gebiete so ergibt sich:

Beide Sehsphären = 42,208 qcm
„ Hörrinden = 26,891 „
„ hintere Zentralwindungen = 56,788 „
„ vordere „ = 66,091 „
eine Summe von = 191,978 qcm

also ungefähr 192 qcm. Aus den Bestimmungen WAGNERs entnehmen wir 1877 qcm für die Oberfläche beider Hemisphären eines Handarbeiters[1]). Vergleichen wir damit die Oberfläche der von uns bestimmten, in ihrer Funktion bekannten Gehirnteile, so umfassen dieselben insgesamt nur etwa 10 % der Gesamtoberfläche. Wenn man auch annimmt, daß vielleicht unsere Umgrenzung der Sehsphäre nach HENSCHEN und der Hörrinde nach FLECHSIG eine etwas zu knappe sei, so würde aber selbst bei einer weiteren Fassung und einer Hinzurechnung des Lobus paracentralis auf beiden Seiten immer noch weit über 70 % unverteilter Oberfläche übrig bleiben, jedoch wollen wir uns mit diesen sehr interessanten aber für unsere jetzigen Beobachtungen nicht notwendigen Betrachtungen nicht länger aufhalten.

Wir haben durch diese Bestimmungen die für uns nötigen Zahlen, welche die Oberflächenausdehnung der für uns in Frage kommenden beiden Sinneszentren der Sehsphäre und der Hörsphäre enthalten, gewonnen und die nur der Vollständigkeit halber ausgeführten Bestimmungen über die Größe der hinteren und vorderen Zentralwindung kommen für uns weiterhin nicht in Betracht. Wie schon oben hervorgehoben, müßten wir aber auch die Masse der Sinneszentren kennen. Da wir annehmen können und müssen, daß in der Rinde selbst die für uns in Frage kommenden Prozesse sich abspielen, genügt es für uns zu wissen, welche Rindenmasse die beiden Sinneszentren respräsentieren. Aus den von KAES angegebenen Zahlen für einen 38jährigen Mann[1]) entnehmen wir eine durchschnittliche Rindendicke von 3,23 mm für die Medianfläche, welche wir ohne wesentlichen Fehler für die Sehsphäre anwenden können. Beide Sehsphären von 42,208 qcm Ausdehnung, würden somit eine Masse von 42,208 × 0,323 = 13,633 ccm darstellen und beide Hörsphären würden bei einer Oberfläche von 26,891 qcm und einer Rindendicke von 3,50 mm eine Masse von 26,891 × 0,350 = 9,412 ccm repräsentieren. Bei der Sehsphäre würde also auf eine Rindenmasse von 13,633 ccm, bei der Hörsphäre eine solche von 9,412 ccm von den Reizen getroffen werden und wir könnten nunmehr zur weiteren Verfolgung unseres idealen Falles übergehen. Ich bin mir dabei wohl bewußt, daß die Oberflächenbestimmungen an nur drei Hemisphären nicht ausreichen, um absolute Zahlen zu gewinnen, sie sind aber wohl imstande, uns ein annäherndes Bild von der wirklichen Größe der Sinneszentren zu geben und reichen jedenfalls für die Besprechung der hier in Betracht kommenden Fragen vollständig aus. Es wäre wohl eine recht interessante und wie ich glaube, auch lohnende Aufgabe, an einem größeren Gehirnmaterial derartige Oberflächenbestimmungen, die allerdings viel Zeit und Geduld erfordern, auszuführen.

1) Zitiert nach VIERORDT, Daten und Tabellen, III. Aufl., Jena 1906, S. 83.
2) VIERORDT, l. c. S. 85.

Gehen wir zunächst zur Durchführung unseres angenommenen idealen Falles auf das optische Gebiet ein, so liegen über die Reizschwelle des Auges die Angaben von EYSTER[1]), welcher $1{,}3—2{,}6 \times 10^{-10}$ Erg. als Reizschwelle fand, die Untersuchungen BOSWELLS[2]) über die für die Erregung der Fovea erforderliche geringste Energiemenge, welche $23{,}7 \times 10^{-10}$ Erg. als kleinsten Wert ergaben und die Berechnung ZWAARDEMAKERS vor, der abgerundet die innerhalb einer Sekunde von einem Auge aufgenommene und zur Reizung verwendeten Energiemengen als zwischen 1×10^{-10} Erg. als niedrigsten und 60000 Erg. als höchsten Wert liegend bezeichnete[3]).

Legen wir die abgerundete, als Reizhöhe von ZWAARDEMAKER bezeichnete Zahl von 60000 Erg. unseren Berechnungen über die im idealen Fall zu erwartende Temperaturzunahme in der Sehsphäre zugrunde. Der Reiz wirkt bei der eigentümlichen Art der zentralen Projektion, auch wenn er nur ein Auge treffen sollte, auf beide Sehsphären ein und in der Mehrzahl der Fälle, abgesehen von eigens dazu angestellten Experimenten, wird es außerdem auch so sein, daß der Reiz beide Netzhäute trifft. Beide Sehsphären haben eine Oberfläche von 42,208 qcm und entsprechen bei einer durchschnittlichen Rindendicke von 0,323 cm einer Rindenmasse von 13,633 ccm. Da das spezifische Gewicht der Rinde[4]) 1,0313 beträgt, so wiegt diese Rindenmasse 14,060 g. Die Zahlen für die spezifische Wärme des Gehirns scheinen zwar, soweit ich dies aus der Literatur ersehen konnte, nicht bestimmt worden zu sein, LIEBERMEISTER gibt aber als Mittel für den Gesamtkörper 0,83 an und ROSENTHAL hat die spezifische Wärme für das Fettgewebe auf 0,712, für den quergestreiften Muskel auf 0,825, für das venöse Blut auf 0,892 usw. bestimmt[5]), so daß man kaum sehr fehlgehen wird, wenn man einen Durchschnittswert von 0,8 für das Gehirn einsetzt.

14,060 g Rindenmasse würde also bei einer spezifischen Wärme von 0,8 einer Wassermenge von 11,248 g bezüglich ihres Verhaltens gegen Wärmezufuhr usw. gleichzusetzen sein. Die Reizhöhe für ein Auge beträgt nach ZWAARDEMAKER etwa 60000 Erg., für beide Augen also 120000 Erg.

$$1 \text{ Erg} = 2{,}39 \times 10^{-8} \text{ Wassergr. Kal.}^{6})$$

also 120000 Erg. = 0,00286 ca.

1) VON KRIES, Über die zur Erregung des Sehorgans erforderlichen Energiemengen. S. 393 der Zeitschrift f. Psychologie etc. 1907, II. Abteilung, Bd. XLI, S. 393.

2) BOSWELL, Über die zur Erregung des Sehorgans in der Fovea erforderlichen Energiemengen. Zeitschrift f. Psychologie etc. 1908, II. Abteilung, Bd. XLII, S. 307.

3) ZWAARDEMAKER, Die physiologisch wahrnehmbaren Energiewanderungen. Ergebnisse der Physiologie 1905, Bd. IV, S. 436.

4) VIERORDT, l. c. S. 59.

5) VIERORDT, l. c. S. 375.

6) KOHLRAUSCH, Lehrbuch der praktischen Physik. Leipzig 1905, 10. Aufl., S. 587.

1 g Wasser würde um 0,00286° durch diese Energiemenge in seiner Temperatur erhöht werden.

Es handelt sich aber um 11,248 g, dabei würde die Temperaturzunahme also nur $\frac{1}{11{,}248} \times 0{,}00286^{0}$ sein können, d. h. die Temperaturzunahme der beiden Sehsphären würde bei der Reizhöhe nur 0,000254° pro Sekunde betragen können. In der Minute also:

$$60 \times 0{,}000254^{0} = 0{,}01524^{0}$$

Die Reizschwelle liegt nach ZWAARDEMAKER bei

1×10^{-10} Erg., dieser Betrag ist $1.6 \times 10^{-16} \times$ Reizhöhe, dementsprechend wird auch die an der Reizschwelle im idealen Falle in der Sehsphäre auftretende Temperaturzunahme $= 1{,}6 \times 10^{-16} \times 0{,}000254^{0}$ pro Sekunde und $1{,}6 \times 10^{-16} \times 0{,}01524^{0}$ pro Minute betragen.

Also auch im idealen Falle würden wir an dem in der Fissura calcarina (der Sehsphäre) liegenden Thermometer nur unter der Einwirkung eines in der Nähe der Reizhöhe gelegenen und mindestens eine Minute lang einwirkenden optischen Reizes eine Temperaturzunahme um etwa $\frac{1^{0}}{100}$ erwarten dürfen. Gehen wir nun aber nach den schon wenig ermutigenden Betrachtungen des idealen Falles zu dem realen Fall über, so ist erstens zu berücksichtigen, daß nach den üblichen Annahmen die aufgenommene Energiemenge bei den verschiedenen Transformationen einen Verlust erleidet, so daß nur ein Teilbetrag von den 120000 Erg. wirklich an die Sehsphären gelangte. Ferner wird sicherlich ebenso wie bei dem Muskel keineswegs die gesamte umgesetzte Energie in Wärme verwandelt, sondern nur ein Teilbetrag, so daß es nach diesen Korrekturen höchst unwahrscheinlich erscheint, daß selbst auf der Reizhöhe bei minutenlang anhaltendem optischen Reiz eine Temperaturzunahme zu erwarten wäre. Solche Betrachtungen wären wohl imstande gewesen mich überhaupt von diesen Untersuchungen abzuhalten, wenn nicht, wie so oft, die Erfahrung die Theorie korrigiert haben würde, wie wir an dem zweiten idealen Fall, welchen wir in gleicher Weise behandeln wollen, sofort sehen werden.

Wir wenden uns den Gehörreizen zu. Die ausgedehntesten Untersuchungen über die absolute Stärke derselben hat Max WIEN angestellt, der zuerst in einer auf HELMHOLTZ Anregung verfaßten Arbeit die Reizschwelle bestimmte[2]). An der Reizschwelle fand er eine Energie von 2,2 $\mu\mu$—mg, welche in der Zeiteinheit das Trommelfell trifft. Diese Energie würde nach seinen Ausführungen

1) KOHLRAUSCH, Lehrbuch der praktischen Physik. 10. Aufl., Leipzig 1905, S. 587.

2) WIEN, Über die Messung der Tonstärke. Diss., Berlin 1888, S. 46 und Wiedemanns Annalen der Physik, 1889, Bd. CCLXXII, S. 850. Ferner: Über die Empfindlichkeit des menschlichen Ohres. Archiv für Physiologie (von Pfüger), 1903, S. 1.

gerade hinreichen, um $5{,}1 \times 10^{-12}$ mg Wasser um 1^0 C zu erwärmen, für die Reizhöhe erhält er unter der Annahme, daß dieselbe 10^{12} mal so groß als die Reizschwelle sei, eine Energiemenge, die 5,1 mg Wasser um 1^0 C erwärmen würde. Legen wir diese Werte unseren Berechnungen in dem zweiten idealen Falle, d. h. unter all den oben gemachten Voraussetzungen über fehlenden Energieverlust und Umsetzung der Gesamtenergiemenge in Wärme, zugrunde, so gehen wir wieder am besten von der Reizhöhe aus.

Beide Hörsphären haben eine Oberfläche von 26,891 qcm und stellen bei einer Rindendicke von 0,350 cm eine Rindenmasse von 9,412 ccm dar. Diese Rindenmasse wiegt bei einem spezifischen Gewicht von 1,0313 also 9,707 g. Bei der angenommenen spezifischen Wärme von 0,8 würde also diese Rindenmasse in ihrem Verhalten gegenüber thermischen Prozessen 7,766 g Wasser entsprechen.

Die von WIEN gefundene Energiemenge der Reizhöhe für das ganze Trommelfell pro Sekunde entsprach der Erwärmung von 5,1 mg Wasser um 1^0 C. Da ein Ohr mit beiden Hörsphären in Beziehung steht und außerdem bei den Reizen des gewöhnlichen Lebens, namentlich aber solchen, welche sich in der Nähe der Reizhöhe befinden, beide Ohren getroffen werden, so setzen wir für beide Trommelfelle:

2 mal 5,1 mg Wasser um 1^0 C oder
10,2 mg Wasser um 1^0 C als Reizhöhe an.

Unsere Hörsphären entsprechen 7,766 g also 7766 mg Wasser in ihren kalorischen Verhalten.

$$7766 \text{ mg} = 761{,}3 \times 10{,}2 \text{ mg}.$$

Diese Menge kann also nur um $\frac{1}{761{,}3}$ von 1^0 C erwärmt werden.

$$\frac{1}{761{,}3} \text{ von } 1^0 \text{ C} = 0{,}001313^0$$

Die Temperaturen der Hörsphären nehmen also unter Einwirkung der Reizhöhe in der Sekunde um $0{,}001313^0$ zu, in der Minute also $60 \times 0{,}001313^0 = 0{,}07878^0$, also um etwa das fünffache des in dem idealen Falle für die Sehsphäre bei der Reizhöhe gefundenen Betrags. Für die Reizschwelle wird nach den oben mitgeteilten Angaben WIENs der Betrag mit 10^{-12} zu multiplizieren sein. Wir finden also für beide Hörsphären im idealen Falle:

An der Reizhöhe eine Temperaturzunahme von $0{,}001313^0$ in der Sekunde
„ „ „ „ „ „ $0{,}07878^0$ „ „ Minute und
an der Reizschwelle eine solche von:
$10^{-12} \times 0{,}001313^0$ in der Sekunde und
$10^{12} \times 0{,}07878^0$ „ „ Minute

so daß wir, wenn wir von dem idealen Fall wieder zu einem realen übergehen,

bei einer Lage des Thermometers in dem Gyrus temporalis profundus vielleicht doch auch unter Berücksichtigung des Energieverlustes bei den Transformationen und des Umstandes, daß nur ein Teil der Energie in Wärme umgesetzt wird, bei einem minutenlang anhaltendem in der Nähe der Reizhöhe gelegenen akustischen Reizes eine Temperaturzunahme wahrnehmen könnten.

Doch brauchen wir uns hier gar nicht mit diesen Vermutungen aufzuhalten, wir können dem idealen Fall bei den Gehörreizen die objektiven Ergebnisse gegenüberstellen und so die interessante Vergleichung des idealen und realen Falles annähernd durchführen.

In Beobachtung VII nahm unter der Einwirkung des Schusses die Temperatur im Lobus parietalis superior um 0,02° in $^1/_2$ Minute zu. Daß es sich hierbei nicht um eine rein lokale Temperaturzunahme handelte, geht aus Beobachtung VI hervor, wo bei dem Knaben nach einem Geräusch die Temperatur im Gyrus frontalis medius der linken Seite ebenfalls in $^1/_2$ Minute um 0,02° zunahm. In diesem realen Falle hat also die Gesamtrinde um 0,02° zugenommen. Wie schon oben angegeben, hat WAGNER für einen Handarbeiter die Oberfläche der ganzen Hirnrinde auf 1877 qcm festgestellt. Bei einer durchschnittlichen Rindendicke für die Gesamtrinde nach CONTI von 0,225 cm[1]) würde die Gesamtrinde eine Masse von 422,325 ccm präsentieren. Die Rindenmasse der Hörsphären betrug 9,412 ccm, so daß dieselbe nur den 45. Teil der Gesamtrinde darstellt.

Ein in der nächsten Nähe der Versuchsperson mit einem Revolver in geschlossenem Raum abgegebener Schuß dürfte wohl der Reizhöhe entsprechen. Wenn wir nun die von WIEN gefundene, der Reizhöhe entsprechende Energiemenge nicht allein auf die beiden Hörsphären, sondern, um mit unseren Befunden vergleichbare Resultate zu erzielen, auf die ganze Rinde gleichmäßig verteilen würden, so könnte diese Energiemenge die 45 mal größere Gesamtrindenmasse nur um den 45. Teil des oben gefundenen Wertes erwärmen. Der Gehörreiz des Revolverschusses wirkt aber höchstens eine Sekunde ein, so daß die Sekundenwerte herangezogen werden müßten. Wir fanden an der Reizhöhe für die Hörsphären eine Zunahme von 0,001 313 pro Sekunde, also könnte dieselbe für die 45 mal größere Rinde nur $^1/_{45}$ von 0,001 313 betragen und wäre somit auf 0,000 029 zu bestimmen, die wirkliche Zunahme in Beobachtung VII nach dem Schuß beträgt aber 0,02° für eine beliebige Rindenstelle, ist also rund **700 mal so groß** als man sie selbst unter den weitgehenden Annahmen des idealen Falles erwarten sollte.

Wir sehen also, daß diese Gegenüberstellung des idealen und realen Falles doch zu recht interessanten Ergebnissen geführt hat. Der tatsächliche Reizeffekt steht in gar keinem Verhältnis mehr zu dem Bewegungsvorgang in der Außen-

1) VIERORDT l. c., S. 84.

welt und übertrifft denselben mindestens um das 700fache, so können eben hier nur Auslösungsvorgänge in Frage kommen und dabei ist mir immer wunderbar erschienen, daß dennoch eine gewisse Beziehung zwischen dem auslösenden Reiz und dem Effekt zu bestehen scheint, wie es das WEBER-FECHNERsche Gesetz annimmt. Bedenken wir aber, um weiter auf die eben erzielten Ergebnisse einzugehen, daß in Wirklichkeit sicherlich nicht die gesamte in der Rinde durch den auslösenden Reiz umgesetzte Energiemenge in Wärme transformiert wird, sondern die Wärme nur einen bestimmten Teil des Gesamtumsatzes darstellt, so sehen wir erst recht, daß eine 700fache Verstärkung noch keineswegs den wirklichen Verhältnissen entspricht. Beim Muskel wird zwar $^2/_3$ des Gesamtumsatzes in Wärme und nur $^1/_3$ in mechanische Arbeit umgesetzt, nehmen wir aber in Übereinstimmung mit späteren Betrachtungen (S. 114) an, daß die Wärmemenge nur 40 % des Gesamtumsatzes beträgt, so würde also die Zunahme der Gesamtrinde von 0,02° nur 40 % des Gesamtumsatzes repräsentieren und 60 % wäre auf den Umsatz in andere Energieformen in Rechnung zu bringen, so daß der wahrscheinliche Umsatz zu der Reizgröße sich wie $700 + 1050 = 1750 : 1$, rund **1700 : 1** verhalten würde. Aber selbst diese Korrektur dürfte noch nicht ganz ausreichen, denn unseren Berechnungen ist die stillschweigende Voraussetzung zugrunde gelegt, daß der Reiz sich gleichmäßig über die ganze Rinde verteile, es ist wahrscheinlich, daß die Auslösungen in der Hörsphäre größere sind als im Lobus parietalis superior (Beobachtung VII) und im Frontallappen (Beobachtung VI), so daß an jener Stelle die Temperaturzunahme vielleicht mehr als 0,02° betragen würde, jedoch entziehen sich diese Vorgänge vollständig unserer Berechnung, so daß wir weitere Korrekturen nicht vornehmen wollen. Es läßt sich nämlich auch nicht von der Hand weisen, daß vielleicht in anderen Rindengebieten, z. B. in der Sehsphäre die Temperaturzunahme nach dem Schuß keineswegs 0,02° betrage, so daß in dieser Beziehung ein gewisser Ausgleich geschaffen sei und die im Lobus parietalis superior und im Gyrus frontalis medius gemessene Temperaturzunahme nach einem intensiven Gehörreiz von 0,02° eine mittlere Zunahme repräsentieren würde. Natürlich ist diese gewaltige, etwa 1700fache Verstärkung, welche der Reiz in diesem Falle durch die in der Rinde bedingten Auslösungen erfährt, auf Rechnung der Schreckwirkung zu setzen, welche ein unvermutet fallender Schuß bei uns allen hervorruft. Es dürfte aber zweifellos ein gewisses Interesse beanspruchen, so einmal zahlenmäßig, natürlich nur in ungefähren Werten den Effekt und die Reizgröße sich gegenüberzustellen, wie dies bei der Berechnung des idealen und realen Falles eben versucht wurde. Für Gesichtsreize liegen tatsächliche Feststellungen nicht vor, es ginge vielleicht unter Verwendung von Blitzlicht vorzugehen, jedoch ist der Effekt meist der, daß die Beobachter selbst so geblendet werden, daß sie nicht imstande sind, sofort die Thermometer abzulesen. Das ist zwar bei den Versuchen am Schimpansen nicht so schlimm

gewesen, da die Temperaturzunahme nach allen Reizen meist erst in der zweiten Minute erfolgte, aber beim Menschen trat die Temperaturverschiebung rascher ein und wäre vielleicht schon im Rückgang begriffen gewesen, wenn der Beobachter wieder imstande gewesen wäre, das Thermometer abzulesen. Ich glaube aber auch, daß die Gegenüberstellung des realen und idealen Falles auf dem Gebiete des Gehörsinns vollständig ausreicht, um die uns interessierenden Tatsachen zu zeigen.

Wir können nun in unseren Betrachtungen weiter gehen und können mit Leichtigkeit feststellen, welche Energiemenge in absolutem Maße erforderlich ist, um die Gesamtrinde um 0,01° z. B. zu erhöhen. Die Gesamtrinde von einer Oberfläche von 1877 qcm mit einer durchschnittlichen Dicke von 0,225 cm[1]) stellt eine Masse von 422,325 ccm dar, wie schon oben hervorgehoben wurde. Bei einem spezifischen Gewicht von 1,0313 wiegt also diese Rindenmasse = 435,544 gr.; nehmen wir wieder eine spezifische Wärme von 0,8° an, so würde in ihrem Verhalten der Wärme gegenüber diese Rindenmasse 348,435 gr Wasser gleichzusetzen sein, es wären also 348,435 g—ca nötig, um die Gesamtrinde um 1° C zu erwärmen.

Da 1 g—ca (kleine Kalorie) = 41 000 000 Erg., so wären für eine Temperaturzunahme der Gesamtrinde

um 0,1° eine Energiemenge von 1 459 963 600 Erg.
und für 0,01° eine solche von 145 996 360 Erg.

erforderlich. Oder da

1 Erg. = $1{,}020 \times 10^{-8}$ mkg[2])

so würde für die Zunahme der ganzen Hirnrinde

um 0,1° eine 'Energiezuführ von 14,89 mkg
und für 0,01° eine solche von 1,489 mkg

erforderlich sein unter der idealen Voraussetzuug, daß eben diese gesamte Energiemenge in Wärme umgesetzt und auf den etwaigen Wärmeverlust keine Rücksicht genommen wird. Bei einer vorläufigen Orientierung dürfen wir aber wohl von diesen Annahmen Gebrauch machen, wir müssen nur im Auge behalten, daß später eventuell in diesen beiden Richtungen Korrekturen angebracht werden müssen. Die größte von mir beim Menschen in kürzester Zeit beobachtete Temperaturzunahme im Großhirn betrug 0,16° in 2 Minuten (Beobachtung II). Unter den eben gemachten Voraussetzungen würde die Energiezufuhr in diesem Falle also

$16 \times 1{,}489$ mkg = 23,824 mkg in 2 Minuten

betragen, in der Mehrzahl der Fälle sind aber die Zunahmen viel geringere. Auch den unter der Narkosewirkung beobachteten Temperaturverschiebungen an

1) Vierordt l. c., S. 84 (Conti).
2) Kohlrausch l. c., S. 587.

der Hirnrinde können wir rechnerisch nachzugehen versuchen. Wir werden hierfür natürlich die Beobachtung auswählen, welche am vollständigsten ist und bei der auch eine gewisse Übereinstimmung zwischen dem Abfall nach dem Exzitationsstadium und der Zunahme beim Erwachen aus der Narkose besteht, da in einem derartigen Falle wohl am reinsten die Verschiebungen der thermischen Prozesse zum Ausdruck kommen. Wir wählen dafür die Beobachtung III (Tabelle X) aus. Im Exzitationsstadium nahm das Gehirn um 0,08° in 4 Minuten zu, daß würde einer Energiezufuhr von 11,912 mkg in 4 Minuten entsprechen und die Zunahme pro Minute würde eine Energiemenge von 2,978 mkg darstellen. Beim Erwachen aus der Narkose nimmt in diesem Falle die Gehirntemperatur um 0,31° in 6 Minuten zu, d. h. in der Rindenmasse wird in dieser Zeit eine Energiemenge = 46,159 mkg in Wärme umgesetzt, was einen Energieumsatz von 7,693 mkg pro Minute bedeuten würde. Der Abfall nach dem Exzitationsstatium der zweiten Narkose, welcher nicht in seiner ganzen Ausdehnung beobachtet werden konnte, da die Beobachtungen vorzeitig abgebrochen wurden, betrug wie oben mitgeteilt 0,20° in 4 Minuten. Dies bedeutet einen Energieverlust von 29,78 mkg in 4 Minuten also eine Abnahme von 7,445 mkg pro Minute, so daß man in diesem Falle sagen kann, dem Exzitationsstadium entspricht ungefähr eine Energieproduktion von 3,0 mkg pro Minute, der Energieverlust bei Vertiefung der Narkose und die Energieproduktion nach Aussetzen der Narkose betragen im Mittel 7,6 mkg pro Minute. Dabei ist aber immer daran festzuhalten, daß angenommen wurde, die gesamte produzierte Energiemenge komme in der Form von Wärme zur Beobachtung und das durch Wärmeverlust bedingte Defizit könne vernachlässigt werden. Dabei ist es aber für derartige energetische Betrachtungen vollständig gleichgültig, wie diese Energiemenge gewonnen wird und darin liegt eben ihre große Bedeutung und die Möglichkeit sie für eine Darstellung uns in ihren Einzelheiten vollständig unbekannter Teilvorgänge in ihrer Gesamtwirkung zu verwenden.

Trotzdem werden wir aber, obwohl prinzipiell die energetischen Berechnungen ein Eingehen auf die einzelnen Vorgänge nicht erfordern, kurz die theoretischen Anschauungen über das Zustandekommen der Narkose betrachten, welche aber die Richtigkeit dieser Berechnungen in keiner Weise berühren können. Durch die fast gleichzeitigen, von einander unabhängigen Untersuchungen von OVERTON und MEYER [1]) wissen wir, daß die sogenannten indifferenten Narkotika, zu denen auch das Chloroform gehört, die Wirkung ihrer fettlösenden Eigenschaft verdanken. Die sich auf diese Befunde gründende sogenannte physikalisch-chemische Theorie der Narkose sieht in der Einwirkung der Narkotika

1) OVERTON, Studien über Narkose. Jena 1901.

1) MEYER, Zur Theorie der Alkoholnarkose. Archiv f. experimentelle Pathologie und Pharmakologie, 1899, Bd. XLII, S. 107.

auf die Zellipoide, an denen namentlich das Nervensystem reich ist, den eigentlichen Grund der narkotischen Wirkung. HANS MEYER [1]) hält diese Lipoide keineswegs für nebensächliche Bestandteile des Zellprotoplasmas, sondern sieht dieselben für solche von entscheidender Bedeutung für die Lebenseigenschaften und Funktionen des Protoplasmas an. Die Lipoide bilden eine Eingangspforte für das Eindringen fettlöslicher Substanzen und der Atemgase, Sauerstoff und Kohlensäure, in die Zelle. Die lipoidlösenden Stoffe wie Äther, Alkohol, Chloroform usw. bewirken eine Verflüssigung der Zellipoide und damit ein Auseinandergehen der Zellbestandteile, eine Cytolyse. Bei leichter Einwirkung dieser Stoffe steigern sie zunächst die katabolischen Prozesse und erst bei weiterer Verabreichung dieser Mittel kommt es zu einer Herabsetzung der Erregbarkeit, zu dem Zustand, den wir als Narkose verwerten. Auch von anderer Seite ist darauf hingewiesen worden, daß eine Aufhebung der Sauerstoffaufnahme im Nervensystem die Narkose begleite. WINTERSTEIN [2]) hat zuerst dahingehende Versuche unter VERWORNs Leitung angestellt und auch VERWORN hält, wie er kürzlich [3]) wieder hervorgehoben hat, es für wesentlich für die Narkose, daß in ihr die Oxydationsprozesse in der lebendigen Substanz gelähmt sind. MANSFELD [4]), der unter Hans MEYER gearbeitet hat, sieht die physiologische Bedeutung der Lipoide vor allem darin, daß sie das Eindringen des Sauerstoffes aus der Gewebsflüssigkeit in das Innere der Zelle ermöglichen oder doch wesentlich erleichtern. Die Narkotika verhindern durch eine Veränderung des physiologisch-chemischen Zustandes der Zellipoide die ausreichende Aufnahme des Sauerstoffes, selbst wenn den Nervenzellen solcher in genügender Menge dargeboten wird. MANSFELD weist auch auf die bekannte Tatsache hin, daß im Beginn der Narkose in denjenigen Hirnteilen, welche im späteren Verlauf derselben zuerst ihre Funktion einstellen, sich Erregungszustände abspielen. Es braucht wohl kaum hervorgehoben zu werden, daß wir durch die Narkotika die Großhirnrinde in ihrer Tätigkeit zu lähmen beabsichtigen und daß wie GOTTLIEB hervorhebt [5]) die kleinsten Gaben, welche überhaupt eine Wirkung entfalten, die Großhirnrinde zum ersten Angriffspunkte haben. Wenn wir also auch eine allgemeine Theorie der Narkose noch nicht besitzen, so sind wir doch über die wesentlichen Vorgänge bei dem Zustandekommen derselben einigermaßen unterrichtet, wir wissen, daß die Lipoide des Nervensystems eine Rolle dabei spielen, und die Sauerstoffaufnahme lahm gelegt wird. Aus diesen Feststellungen über die Behinderung der Oxydationsvorgänge in der Nar-

1) HANS MEYER, Über die Beziehung zwischen den Lipoiden und pharmakologischer Wirkung. Münch. med. Wochenschrift 1909, Nr. 31, S. 1577.

2) WINTERSTEIN, Wärmelähmung und Narkose. Zeitschrift f. allgemeine Physiologie 1905, Bd. V, S. 323.

3) VERWORN, Über Narkose. Deutsche med. Wochenschrift 1909, Nr. 37, S. 1593.

4) MANSFELD, Narkose und Sauerstoffmangel. Pflügers Archiv 1909, Bd. CXXIX, S. 69.

5) GOTTLIEB, Die Theorie der Narkose. Ergebnisse der Physiologie 1902, Bd. I, 2. Abteilung, S. 666.

kose geht auch hervor, daß die Untersuchungen von HILL und NABARRO[1]), die unter Morphinanwendung oder auch in Chloroformnarkose angestellt wurden, uns über den Gaswechsel im Zentralnervensystem keineswegs aufklären können und daher diesen Untersuchungen die ihnen von mancher Seite beigelegte Bedeutung kaum zukommen kann. So naheliegend und unseren ganzen sonstigen Anschauungen über die Bedeutung des Sauerstoffs entsprechend es wäre anzunehmen, daß eben durch den Sauerstoffmangel die Oxydationsprozesse, welche die Zellfunktion begleiten, ausgeschaltet werden, so haben sich doch gewichtige Stimmen gegen diese Annahme erhoben. Dieselben scheinen unsere ganzen bisherigen Anschauungen über die Vorgänge in der lebendigen Substanz und die Bedeutung des Sauerstoffs für dieselben von Grund aus umzugestalten. Ich will wegen der Bedeutung, welche der Sauerstoffzufuhr für das Nervensystem und namentlich auch für den höchst organisierten Teil desselben, der menschlichen Hirnrinde zukommt, auf diese wichtigen Untersuchungen an der Hand einer wie ich glaube überzeugenden Arbeit von WINTERSTEIN über den Mechanismus der Gewebsatmung[2]) eingehen. Ich will jedoch gleich darauf hinweisen, daß WINTERSTEIN mit seinen Ansichten — wie er selbst hervorhebt — keineswegs allein steht, sondern auch andere Forscher wie HALLIBURTON, DETMER und andere zu ähnlichen Anschauungen über die Bedeutnng des Sauerstoffs für die Vorgänge im lebenden Protoplasma gelangt sind. An der Hand von Experimentaluntersuchungen am überlebenden Rückenmark konnte WINTERSTEIN feststellen, daß auch bei fehlendem Sauerstoff Dissimilationsprozesse sich abspielen. Durch Ansammlung toxischer Stoffe wird nach seiner Ansicht nach O-Abschluß der weitere Ablauf der Lebensprozesse aufgehalten und der zugeführte Sauerstoff dient lediglich dazu, diese toxischen Stoffe durch Oxydation zu entfernen und so eine Energieproduktion wieder möglich zu machen. Die primäre Energiequelle sieht WINTERSTEIN eben im Gegensatz zu den bis dahin üblichen Annahmen nicht in Oxydationsprozessen, sondern in Spaltungsprozessen nicht oxydativer Natur, und erst sekundär findet nach ihm eine Oxydation der Spaltungsprodukte statt. Bei Sauerstoffabschluß unterbleiben diese sekundären Oxydationen, und die sich anhäufenden Spaltungsprodukte bringen die Energiebildung und amit das Leben zum Stillstand. Auch die, die Narkose begleitende, mangelnded Sauerstoffaufnahme, auf welche WINTERSTEIN zuerst hingewiesen hat, wirkt in dem Sinne, daß dadurch die Oxydation der angesammelten Erstickungsstoffe verhindert und so eine Erholung auch bei ausreichender Sauerstoffzufuhr unmöglich gemacht wird. Ein sehr schwerwiegender Grund, der wie ich glaube von WIN-

1) HILL u. NABARRO, On the exchange of blood-gases in brain etc. Journal of Physiol. 1895, Bd. XVIII, S. 218 u. 222.

2) WINTERSTEIN, Über den Mechanismus der Gewebsatmung. Zeitschrift f. Allgemeine Physiologie 1906, Bd. VI, S. 315.

TERSTEIN gebührend hervorgehoben wird, der zugunsten dieser Auffassung von der Rolle des Sauerstoffs im Zellhaushalt spricht, ist entschieden der Umstand, daß so die unerklärbare Schranke, welche die äroben von den anäroben Lebensprozessen im Protoplasma trennte, in glücklicher Weise beseitigt und eine einheitliche Erklärung für das ganze, sich bis dahin scheinbar widersprechende Tatsachenmaterial über die Vorgänge in der lebenden Substanz überhaupt gegeben wird. Wir ersehen daraus, daß von WINTERSTEIN keineswegs die gewaltige Bedeutung des Sauerstoffs für die Vorgänge in der lebendigen Substanz verkannt wird und daß es sich lediglich um eine andere Auffassung über die Verwendung desselben im Haushalt des Protoplasmas handelt. Wir können unbedenklich diese Annahme auch für das Nervensystem und speziell die Hirnrinde akzeptieren, da die große Bedeutung des Sauerstoffs für dieselbe von MOSSO, VERWORN, BECHTEREW, EHRLICH und anderen nachgewiesen wurde; wir hätten eben nach WINTERSTEIN in dem ständigen Wegoxydieren der toxischen Spaltungsprodukte innerhalb der Hirnrinde ein unbedingtes Erfordernis für das Fortbestehen der Funktion dieses höchst organisierten und zugleich empfindlichsten Gewebes zu sehen. Die von mir früher entwickelten Anschauungen über die Bedeutung der vasomotorischen Welle der Pialgefäße[1]) werden durch diese andere Erklärungsweise von der Bedeutung des Sauerstoffs im Haushalt des Nervengewebes in keiner Weise modifiziert. Auffallend ist, wie empfindlich speziell die Hirnrinde für die Veränderung der Sauerstoffzufuhr ist, ich will hier auf die Ergebnisse der oben genannten Untersucher nicht eingehen und hier nur auf die Beobachtungen SPECKS[2]) hinweisen, der in Versuchen an sich selbst fand, daß bei Einatmung einer Luft, welche nur 7 % Sauerstoff enthielt, eine deutliche Wirkung auf die Hirnrinde nachweisbar war. Der Kopf war eingenommen, „die Gedanken wurden unklar und das Zählen der Atemzüge verworren und falsch“ und es kam dann zu einer Aufhebung des Bewußtseins. SPECK hebt immer wieder hervor, daß zunächst die geistige Tätigkeit bei verminderter Sauerstoffzufuhr leidet und daß selbst „eine so unbedeutende Verrichtung wie das Zählen gehindert wurde“. In anschaulicher Weise hat auch VON SCHRÖTTER[3]) seine Erfahrungen über die Wirkung der herabgesetzten Sauerstoffversorgung auf die Hirnrinde bei Ballonfahrten geschildert. Schon bei einer Luftverdünnung, die noch 10,5 % O enthält, wird die Sauerstoffversorgung ungenügend. Es stellt sich ein Gefühl von Müdigkeit und Schlafsucht ein und nach einiger Zeit beginnt das Bewußtsein zu schwinden. Es läßt sich dabei aus dem Umstand, daß alle Erscheinungen sofort nach O-Einatmung schwinden, zeigen, daß diese Symptome in der Tat auf mangelnde O-Versorgung der Hirnrinde zurückzuführen sind. Zuerst wird ähnlich

1) H. BERGER, Die körperlichen Äußerungen etc. 1907, Teil II, S. 191.

2) SPECK, Physiologie des menschlichen Atmens. Leipzig 1892, S. 107, 109, 117 etc.

3) Handbuch d. Sauerstofftherapie, herausgeg. von MICHAELIS, Berlin 1906, S. 236, 238 ff.

wie bei der Narkose die Hirnrinde betroffen, das klare Auffassungsvermögen für die Vorgänge in der Umgebung leidet und man kann sich später nur dunkel an dieselben erinnern. Bei künstlicher Sauerstoffzufuhr können sofort die kompliziertesten geistigen Leistungen wieder ausgeführt werden. Diese Erfahrungen zeigen, daß unter Sauerstoffmangel zuerst die höchsten und kompliziertesten Leistungen der Rinde leiden, daß aber bei einem längeren Bestehen mangelhafter Sauerstoffzufuhr, genau wie bei der Narkose, es zu einer vollständigen Aufhebung des Bewußtseins, zur Bewußtlosigkeit, kommt. Diese Tatsachen sprechen doch ganz unzweideutig für das enorme Sauerstoffbedürfnis der Großhirnrinde bei ihrer Funktion. Die Annahme WINTERSTEINs, daß der O dazu diene, die toxischen Spaltungsprodukte wegzuoxydieren, ist durchaus mit diesen Tatsachen vereinbar. Fehlt eine genügende O-Zufuhr, so kommt es zu einer Erstickung der Hirnrinde, die sich klinisch in der Bewußtlosigkeit zu erkennen gibt. O-Entziehung der Rinde ist vielleicht überhaupt die einzige Art, durch welche Bewußtlosigkeit entsteht. Darüber, daß Aufhebung der Blutzufuhr zur Rinde zur Bewußtlosigkeit durch Ausschaltung der kortikalen Prozesse führt, besteht kein Zweifel, wir sehen dies nach Karotiskompressionen, nach großen intrakraniellen Blutungen, welche durch Kompression zur Rindenanämie führen, in Erscheinung treten. Bei den Vorgängen der Erfrierung, welche in den ersten Stadien vorwiegend die kortikalen Prozesse, wie nach den klinischen Erscheinungen die Abgeschlagenheit und Schläfrigkeit anzunehmen sein dürfte, in Mitleidenschaft zieht und bei der es im weiteren Verlauf zu Störungen der Sinnesperzeption und des Denkvermögens und schließlich zu einem komatösen Zustand kommt, hat man eine Behinderung der Oxydationsprozesse angenommen, die nach den Auffassungen WINTERSTEINs zum nachträglichen Wegoxydieren der aus dem primären Stoffzerfall resultierenden toxischen Produkte dienen. Auch die durch eine Überhitzung bedingten Zustände von Bewußtlosigkeit lassen sich ungezwungen so erklären, daß durch die Einwirkung der Wärme ähnlich wie in der Narkose die Zellipoide so verändert sind, daß sie eine normale Zellfunktion nicht mehr zu unterhalten vermögen[1]). Da dem Lähmungsstadium ein Zustand gesteigerter Erregbarkeit mit einem rascheren Ablauf der katabolischen Prozesse vorangeht, so wird namentlich dann, wenn auch die Lipoide in ihrer Funktion gehemmt werden, um so leichter eine Ansammlung toxischer Spaltungsprodukte, welche nicht mehr oxydiert werden können, sich einstellen und es so zu einer Aufhebung der Funktion der Rinde, zur Bewußtlosigkeit kommen.

Während sich also so ganz ungezwungen auch diese physikalischen Einflüsse der Hitze und Wärme auf die kortikalen Funktionen durch eine ungenügende Sauerstoffaufnahme im Rindengewebe erklären lassen, herrscht über die Entstehung anderer Zustände von Bewußtlosigkeit ein großes Dunkel, das aber,

1) HANS MEYER l. c., S. 1578.

wie ich glaube, durch die vorliegenden experimentellen Untersuchungen wohl aufgehellt werden kann. Ich kann hier auf die Zustände von Bewußtlosigkeit nach Intoxikationen, die eben auch in letzter Linie auf eine Behinderung der Gewebsatmung in der Hirnrinde zurückzuführen sind, nicht eingehen. Viel unerklärlicher scheinen, wie so häufig die bekanntesten Tatsachen z. B. die Bewußtlosigkeit im epileptischen Anfall. Man hat dieselbe auf verschiedene Weise zu erklären versucht und am meisten Anklang dürfte die Erklärung von BROWN-SEQUARD[1]) durch eine „inhibition" oder wie es BINSWANGER[2]) bezeichnet durch eine Hemmungsentladung, gefunden haben. Ich muß gestehen, ich kann mir trotz allem nicht vorstellen, wie durch einen neuralen Prozeß mit einem Schlage alle Funktionen der so ausgedehnten Rinde ausgeschaltet werden können. Und mit unseren jetzigen Auffassungen über die Vorgänge in der lebendigen Substanz ist eine solche Annahme erst recht schwer vereinbar. Doch gehen wir zunächst auf andere, mit Bewußtlosigkeit einhergehende Zustände ein, deren Entstehung ebenfalls keineswegs geklärt ist. Wir sehen z. B. gar nicht selten bei kleinen Hirnblutungen, bei denen von einer Druckwirkung und dadurch bedingter Rindenanämie nicht die Rede sein kann, Bewußtlosigkeit eintreten und umgekehrt führen gelegentlich recht ausgedehnte intrakranielle Blutungen zu keinem Bewußtseinsverlust, obwohl dieselben eine leichte Druckwirkung ausüben. Man hat daher auch zur Erklärung dieser Erscheinung BROWN-SEQUARDs rätselhafte Inhibition zu Hilfe gerufen, die keine Erklärung schafft und nur eben aussagt, daß eine lokale Läsion eine funktionelle Störung des ganzen Nervensystems auslösen könne. So wird auch die Bewußtlosigkeit bei plötzlichem Verschluß eines Gefäßes, bei dem doch auch sicher von einer Druckwirkung nicht die Rede sein kann, erklärt, oder auch nicht erkärt. Als Hilfsursache für die Genese der Bewußtlosigkeit hat man auch die Schnelligkeit der Einwirkung, die Plötzlichkeit des Geschehens, herbeigezogen, je plötzlicher eine Läsion ist, um so intensiver sei ihre Wirkung auch auf die Bewußtseinsvorgänge. Daß dieses Moment eine gewisse Rolle für die Genese der Bewußtlosigkeit spielt, muß zugegeben werden, jedoch kann es nicht von ausschlaggebender Bedeutung sein, da Fälle beschrieben sind, bei denen Schüsse durch den Schädel ohne Bewußtseinsverlust einhergingen[3]). Ich selbst habe eine umschriebene, durch Hufschlag bedingte, also doch plötzlich entstandene Läsion des Stirnhirns gesehen, welche ohne Bewußtseinsverlust verlaufen war, ebenso sind in der Literatur Fälle bekannt, wo sich Geisteskranke Nägel in das Gehirn einschlugen ohne Bewußtseinsverlust. Auch die aus diagnostischen Gründen vor-

1) Zitiert nach: DEJERINE, Sémiologie du système nerveux. Paris 1901, p. 363 ff. (Traité de Pathol. générale, Tome V.)

2) BINSWANGER, Epilepsie. Wien 1899, S. 60 und S. 203.

3) VERAGUTH, Über eine Hirnschußverletzung. Kr.-Bl. für S.-A., 1904; zitiert nach v. MONAKOWs Gehirnpathologie, II. Auflage, Wien 1905, S. 1161.

genommenen Hirnpunktionen haben an den verschiedendsten Stellen beim Menschen nie zu einer Aufhebung des Bewußtsteins geführt, obwohl dieselben zweifellos plötzliche Hirnläsionen darstellen.

Auf Grund einer Analyse der klinischen Erscheinungen des apoplektischen Anfalles und der begleitenden objektiven Befunde kommt v. MONAKOW[1]) zu der Ansicht, daß „allem Anscheine nach in letzter Linie die plötzlich einsetzende Rindenanämie es ist, welche die komatösen Erscheinungen hervorruft". Diese Hirnrindenanämie kann erzeugt werden erstens durch mechanische Kompression (bei großen Herden etc.) und zweitens durch eine reflektorisch (durch Reizung der grauen Substanz in der Umgebung des Herdes) ausgelöste Kontraktion der kortikalen Arterien. Außer der Plötzlichkeit des Anpralles kommt nach v. MONAKOW noch wesentlich die Lokalisation in Frage. Außer Rindenblutungen sind es vor allem Blutungen in der Nähe des zentralen Höhlengraus und der Sehhügelkerne, welche zu komatösen Zuständen führen, während Blutungen in das Großhirnmark, gleichgültig ob im Frontal- oder im Okzipitallappen, mit viel geringerer Wahrscheinlichkeit zur Bewußtlosigkeit führen. Blutergüsse im Mittelhirn, in der Brücke und im Kleinhirn können ohne nennenswerte Störung des Sensoriums erfolgen. Also außer der, ja nur bei großen Herden in Frage kommenden Kompressionswirkung ist es eine reflektorisch ausgelöste Kontraktion der Pialgefäße und die dadurch bedingte Rindenanämie, welche nach v. MONAKOW die Ursache der Ausschaltung des Bewußtseins im apoplektischen Insult bildet. Von besonderem Wert ist seine Feststellung, daß außer Rindenherden, Herde in der Nähe des zentralen Höhlengraus und der Sehhügelkerne zu Bewußtlosigkeit führen und zwar um so leichter, je näher sie diesen grauen Massen liegen. Jedoch als v. MONAKOW diese Ansichten, gestützt auf zahlreiche Krankenbeobachtungen, aussprach, fehlte uns noch eine Einsicht in den Mechanismus der reflektorischen Kontraktion der Pialgefäße. Zwar hatten MOSSO, OBERSTEINER, ich selbst und andere von jeher die Möglichkeit aktiver Kontraktion und Erweiterung der Pialgefäße des Menschen betont und die Tatsache ihrer Versorgung mit Gefäßnerven hervorgehoben, aber man glaubte immer wieder in Experimentaluntersuchungen am Tier ihre Unabhängigkeit von Gefäßnerven dartun zu können und erst in den letzten Jahren haben sich die Ansichten auch über die Verhältnisse am Tier wesentlich geändert. Es war aber doch nur das eine bekannt, daß die Gefäßnerven der Pialgefäße sicherlich nicht von den Gefäßzentren in der Medulla oblongata abhängig sind. WEBER[2]) hat nun durch schöne Untersuchungen nachgewiesen, daß man auch auf Grund experimenteller Beobachtungen am Hund ein eigenes Vasomotorenzentrum für das Großhirn postulieren müsse, das nur zentral-

1) v. MONAKOW, Gehirnpathologie, II. Auflage, Wien 1905, S. 1159 ff.

2) WEBER, E., Über die Selbständigkeit des Gehirns in der Regulierung seiner Blutversorgung. Archiv f. Anatomie u. Physiol., physiol. Abt., 1908, S. 457.

wärts von der Medulla oblongata gelegen sein könne. Von ungleich größerer Bedeutung für uns und die ganze eben aufgerollte Frage ist die weitere Feststellung WEBERs, daß die Reizung einer Hemisphäre des Großhirns die Gefäße der anderen Hemisphäre gleichsinnig beeinflußt; es muß also ein Reflexzentrum für die zerebralen Gefäße geben, welches gleichartige Gefäßveränderungen in beiden Hemisphären bedingt und so gewissermaßen dieses gewaltige Gefäßgebiet zu einem Ganzen zusammenzufassen imstande ist. Obwohl wir die Lage dieses Reflexzentrums nicht kennen, so ist aber die Feststellung WEBERs, daß eine gereizte Rindenstelle die Gefäße der gegenüberliegenden Hemisphäre gleichsinnig beeinflußt, doch von fundamentaler Bedeutung für die ganze Gehirnpathologie, sie stellt das erlösende Wort für eine ganze Reihe bis dahin dunkler Fragen dar. Wenn eine Blutung in der Rinde dadurch, daß sie plötzlich erfolgt oder eine gewisse Ausdehnung besitzt, die Rindengefäße in Mitleidenschaft zieht, so kann reflektorisch ein Kontraktion der Gefäße derselben und auch derjenigen der gegenüberliegenden Hemisphäre bedingt und so Bewußtlosigkeit herbeigeführt werden. Daß dieser Erklärungsmodus auch für die Bewußtlosigkeit bei der Epilepsie ein viel befriedigenderer ist, da er mit bekannten physiologischen Tatsachen und nicht mit völlig hypothetischen neuralen Prozessen rechnet, bedarf kaum eines Wortes. Der lokale Prozeß, der im Beginn des epileptischen Anfalles einsetzt und der sich ja öfters aus der Form der Aura auch in der Rinde lokalisieren läßt, wird eben genau wie die Reizung im Versuche WEBERs zu einer lokalen Gefäßkontraktion in der Rinde führen, welche sich reflektorisch auf beide Hemisphären ausbreitet und durch Rindenanämie Bewußtlosigkeit bedingt. Bei der Gehirnerschütterung wird ebenfalls die gleich nach dem Trauma einsetzende und in leichten Fällen rasch schwindende Bewußtlosigkeit auf eine Kontraktion der Rindengefäße zurückgeführt werden müssen, während die länger anhaltenden Zustände von Bewußtlosigkeit wohl durch mikroskopische Quetschungen und Zertrümmerungen in der Rinde zu erklären sein dürften. WEBERs Ergebnisse stehen im schönsten Einklang mit v. MONAKOWs Annahmen und sind imstande, die Entstehung einer Reihe sonst unerklärbarer Zustände von Bewußtlosigkeit durch eine Zurückführung auf Rindenanämie einwandfrei zu erklären. Wir kennen zwar das von WEBER postulierte Reflexzentrum für die Rindengefäße seiner Lage nach nicht, die klinische Erfahrung kann aber hier der experimentellen Forschung den Weg weisen und zu seiner Auffindung die Anleitung geben. WEBER hebt hervor und zwar in Übereinstimmung mit allen anderen Erfahrungen, daß dieses Zentrum zentralwärts von der Medulla oblongata gelegen sein müsse. In der Rinde kann es gleichfalls nicht gelegen sein, so daß wir schon zwei Grenzbestimmungen erlangt hätten. Da eine allgemeine Gefäßkontraktion zur Bewußtlosigkeit führen muß und es wahrscheinlich ist, daß eine Reizung dieses Gefäßzentrums zu einer Kontraktion der Gefäße führt, daß es also im wesentlichen ein Vasokonstriktoren-

zentrum ist, so werden wir ohne weiteres alle diese Gebiete von der Nachforschung ausschalten können, deren Zerstörung durch Blutungen nicht zur Bewußtlosigkeit führen muß; — ich habe deshalb die Angaben v. MONAKOWs so ausführlich mitgeteilt — es waren dies das Mittelhirn, die Brücke und das Kleinhirn. Wir hätten so eine wesentlich engere Grenze für unsere Nachforschungen gewonnen, dieses Vasokonstriktorenzentrum für die zerebralen Gefäße müßte zwischen Mittelhirn und Rinde gesucht werden. Natürlich kann nach unseren ganzen Vorstellungen von den Funktionen des Nervensystems für ein Reflexzentrum nur eine graue Masse in Frage kommen, so daß die Markmassen des Großhirns von selbst ausscheiden, und nur die basalen Ganglien und das Zwischenhirn, der Thalamus opticus und die anliegenden grauen Massen übrig bleiben. Und in der Tat schreibt v. MONAKOW wörtlich: „Nach Durchsicht einer größeren Anzahl von Krankenbeobachtungen scheint es mir, daß komatöse Erscheinungen um so leichter sich einstellen, je näher der Herd dem zentralen Höhlengrau des dritten Ventrikels oder den Sehhügelkernen liegt". Die klinische Erfahrung weist also auf das zentrale Höhengrau und den Thalamus als den Sitz des von WEBER postulierten Reflexzentrums für die Rindengefäße hin. Und die Tatsache, daß der Thalamus auch sonst Beziehungen zur Gefäßinnervation besitzt, scheint eher für eine Lokalisation im Thalamus zu sprechen. Natürlich kann die klinische Erfahrung nur Hinweise auf die Lokalisation geben und bleibt es der experimentellen Untersuchung vorbehalten, die Richtigkeit dieser Schlüsse zu prüfen.

Wir sind durch die Besprechungen der theoretischen Anschauungen der Genese der Narkose und der sich anschließenden Betrachtung über die Bedeutung des Sauerstoffs für die Rindenprozesse sehr weit von unseren Energieberechnungen abgekommen, zu den wir jetzt zurückkehren wollen. Dem Hauptangriffspunkt der indifferenten Narkotika und also auch des Chloroforms stellt die Hirnrinde dar, dieselben führen zunächst zu einem Reizzustand, dann zu einer Aufhebung der kortikalen Prozesse. Und ganz in Übereinstimmung damit haben wir die besten Beobachtungen beim Menschen wenigstens unter der Chloroformwirkung am Großhirn anstellen können. Die im Exzitationsstadium zutage tretende Zunahme der Energiemenge um 2,978 mkg pro Minute ist zum größten Teil auf Kosten der gesteigerten kortikalen Prozesse zu setzen und ebenso ist die Zunahme resp. Abnahme der Energiemenge um ca. 7,6 mkg pro Minute beim Erwachen aus der Narkose, resp. bei Vertiefung der Narkose, durch das Wiedereinsetzen resp. Erlöschen der kortikalen Prozesse im wesentlichen bedingt. Wichtig erscheint vor allem auch für unsere folgenden Betrachtungen die Tatsache, daß dem vollständigen Wiedererwachen aus tiefer Narkose oder der Wiederaufnahme sämtlicher kortikaler Prozesse ein Energieaufwand von 46,159 mkg in 6 Minuten entspricht ohne Berücksichtigung des Wärmeverlustes und anderweitiger Energieproduktionen. Es mag gleich hier noch darauf hingewiesen werden, daß wir in

der Narkose allein ein Mittel besitzen, um die Rinde in ihrer Funktion zu hemmen und so die Energieproduktion beim Wiederingangsetzen des Werkes, um in einem Bilde WINTERSTEINs zu reden, studieren können. Dabei ist aber wohl darauf Rücksicht zu nehmen, daß vielleicht nach Aussetzen der Narkose zunächst die Oxydationspsozesse lebhafter verlaufen als im Normalzustand, dagegen liegt für die Annahme, daß die Temperaturabnahme bei Vertiefen der Narkose nicht wirklich das Ausschalten der kortikalen Prozesse im wesentlichen zur Anschauung brächte, ein Grund nicht vor. Besonders will ich hier gleich hervorgeben, daß Schlaf und Narkose bezüglich ihrer Einwirkung auf die kortikalen Prozesse unter keinen Umständen gleich gesetzt werden dürfen.

In einem Falle (in Beobachtung V) konnten wir die Einwirkung eines leichten epileptischen Anfalles auf die Temperatur der Hirnrinde feststellen, wir fanden eine Zunahme von 0,17 ° in 12 Minuten. Diese würde für die ganze Rinde einer Energiezufuhr von 25,313 mkg in 12 Minuten, also von 2,109 mkg pro Minute entsprechen, Wir wissen, daß auch ein derartig leichter epileptiformer Anfall eine gewisse geistige Müdigkeit hinterläßt und wir können annehmen, daß der Energieverbrauch in demselben auch innerhalb der Rinde größer ist als im Wachzustand, selbst wenn in demselben noch intellektuelle Arbeit geleistet wird. Wir haben damit eine gewisse Grenzbestimmung nach oben hin genommen. Der im Wachzustand und bei intellektueller Arbeit stattfindende Energieverbrauch wird sicherlich geringer sein als der Verbauch auch im leichten epileptischen Anfall, also unterhalb der Grenze des eben festgestellten Energieverbrauchs von 2,109 mkg pro Minute gelegen sein. Es mag vielleicht manchem erscheinen, daß mit einer solchen vagen Grenzbestimmung nicht viel gewonnen sein, aber auf einem so dunklen Gebiete werden wir jeden Fingerzeig benutzen und uns auch zunächst mit ganz ungefähren Bestimmungen begnügen müssen und erst ganz allmählich versuchen, die Grenzen enger zu ziehen; wir werden ja gleich sehen, wie weit wir bei einem derartigen Vorgehen gelangen und so am besten die Lücken unserer Kenntnisse entdecken.

Wir kommen zu dem letzten Teil unserer Berechnungen und nehmen wieder zunächst einen idealen Fall an, um die mit den Veränderungen der Gehirntemperatur verbundenen Energieverschiebungen studieren zu können. In Beobachtung VII nahm beim fortlaufenden Rechnen die Gehirntemperatur in 3 Minuten um 0,07 °, dann in den weiteren 7 Minuten um nur 0,01 ° zu. Unter der idealen Annahme, daß alle Energie in Wärme umgesetzt werde und ein Wärmeverlust durch Strahlnng nicht stattfinde, würde dies

für die ersten 3 Minuten eine Energiezufuhr von 10,423 mkg
also pro Minute von 3,474 mkg
und für die folgenden 7 Minuten eine solche von 1,489 mkg
also pro Minute von 0,213 mkg bedeuten.

Machen wir nun die dritte Annahme, daß bei weiterer Fortsetzung der Arbeit diese Temperaturzunahme dieselbe bliebe, so würde also nach weiteren 70 Minuten die Gehirntemperatur um 0,1° zugenommen haben, ein Betrag, der im Hinblick auf die von CAVVAZZANI beobachtete Temperaturzunahme von 0,2° bei fortgesetzter intellektueller Arbeit keineswegs zu hoch erscheint.

Bei einer 4 Stunden lang fortgesetzten geistigen Arbeit würde unter diesen obengenannten Annahmen der Energieverbrauch = 60,904 mkg sein und die Gehirntemperatur würde um rund 0,4° zugenommen haben. Für eine 8 Stunden fortgesetzte geistige Arbeit, bei der natürlich, da sie doch mindestens in zwei Teilstücken geleistet wird, zweimal für die ersten 3 Minuten ein höherer Betrag eingesetzt werden muß, würde also der Energieverbrauch = 121,808 mkg sein.

Es mag gleich hier darauf hingewiesen werden, daß eine öftere Unterbrechung der Arbeit auch den Energieverbrauch steigert, da die Aufnahme der Arbeit jedesmal einen größeren Aufwand in den ersten Minuten erfordert; natürlich lassen sich diese theoretischen Ergebnisse keineswegs ohne weiteres auf die Praxis übertragen, da die wichtigen Zustände der Ermüdung und Übung hier ganz außer Betracht bleiben müssen, um den als ideal angenommenen Fall nicht noch mehr zu komplizieren. Es würde aber jetzt schon ganz interessant sein, die bisher gewonnenen Zahlen mit anderen Feststellungen über physiologische Arbeitsgrößen zu vergleichen[1]).

Die in 8 Stunden von einem kräftigen Arbeiter geleistete mechanische Arbeit ist	201 600 mkg
die Herzarbeit in 8 Stunden ist	8 000 „
und wir haben zunächst für 8 Stunden psychischer Arbeit gefunden	122 „

Wir werden aber gleich sehen, daß wir an dieser idealen Zahl sicherlich noch ganz wesentliche Korrekturen anbringen müssen, wenn sie nur einigermaßen den realen Verhältnissen entsprechen soll. Doch wir müssen zunächst etwas weiter ausholen, um dann auf die Korrekturen zurückkommen zu können.

Beim Erwachen aus der Narkose wurde in 6 Minuten unter der Annahme der vollständigen Umsetzung in Wärme und des mangelnden Wärmeverlustes eine Energiemenge = 46,159 mkg produziert. Die Zunahme pro Minute betrug 7,693 mkg und entspricht einer ungefähren Zunahme der Gehirntemperatur von 0,05°. Diese gewaltige Temperaturzunahme kommt nach dem Erwachen zum Stillstand; sonst würde ja auch in 20 Minuten die Gehirntemperatur schon um 1° zunehmen, was nicht der Fall ist. Die Energieproduktion von 46,159 mkg ist nötig, um die in ihrem Verlauf aufgehaltenen Rindenprozesse wieder in Gang zu bringen, es ist wahrscheinlich, daß diese Energiemenge etwas größer sein wird

1) VIERORDT l. c., S. 248 und S. 432.

als diejenige Energiemenge, welche erforderlich ist, um die Rindenprozesse im Gang zu erhalten, es kann sich dabei doch wohl nur um Bruchteile von 46,159 mkg handeln, die wir zurzeit nicht bestimmen können.

Wir machen also die weitere ideale Annahme, eine Energieproduktion von 7,693 mkg pro Minute ist erforderlich um die Rindenprozesse im Gang zu erhalten. Da aber diese Energiemenge nicht als Wärme nach dem Erwachen in Erscheinung tritt, so muß sie in anderer Weise verwendet werden. Es liegt nämlich der Gedanke nahe, daß unmittelbar nach der Entfernung des Chloroforms zunächst in der Tat die gesamte Energiemenge, welche produziert wird, bei den Oxydationsprozessen in Wärme umgesetzt wird. Diese Annahme würde keineswegs dem Teilungsgesetz von LANGELAAN widersprechen, da durch die Chloroformwirkung auf die Lipoide die Transformatoren verändert wurden und erst nach dem Freiwerden der Zellen von dem narkotischen Gift wieder normale Transformatoren vorliegen und das Teilungsgesetz Anwendung finden kann. Wir fügen also die neue ideale Annahme hinzu, daß in den ersten Minuten nach dem Aussetzen des Narkotikums in der Tat die gesamte produzierte Energiemenge in Wärme umgesetzt werde und erst nach dem Erwachen aus der Narkose die Wärmeproduktion nur einen Teil des Gesamtenergieumsatzes darstelle. Wenn wir aber nach dem Erwachen aus der Narkose eine weitere Wärmeproduktion nicht wahrnehmen und andererseits die ideale Annahme gemacht haben, daß die Energieproduktion von 7,693 mkg erforderlich sei, um die Rindenprozesse im Gang zu halten, so müßte also in dem Wachzustand entweder keine Wärme bei den ständigen Umsetzungen in der Hirnrinde produziert und alle produzierte Energie in andere Energieformen verwandelt werden oder es wird auch Wärme gebildet, aber die Gehirnrinde müßte gerade so viel Wärme durch Ausstrahlung verlieren als produziert wird. Diese letztere Annahme dürfte wohl die näherliegende sein, obwohl sie uns, wie wir gleich sehen werden, zu Folgerungen zwingen wird, die vielleicht nicht ganz annehmbar erscheinen. Doch gehen wir zunächst weiter, vor allem interessiert uns jetzt die Frage, wie gewinnen wir ein Maß für die Größe des Wärmeverlustes der Rinde durch Strahlung etc. Die größte Energieproduktion in kürzester Zeit in Beobachtung VII bei Str. haben wir nach dem Revolverschuß beobachtet. Da wir in Analogie mit dem Muskel endothermische Prozesse nicht annehmen, so können wir den größten Wärmeverlust innerhalb der kürzesten Zeit beim Rückgang dieser Temperatursteigerung als ungefähres Maß des Wärmeverlustes sehen. Wir müssen den größten Wert annehmen, denn man kann immer sagen, daß die kleineren Werte infolge einer gewissen Fortsetzung des wärmeerzeugenden Prozesses den Wärmeverlust nicht in seiner ganzen Größe erkennen lassen. Als maximale Abnahme finden wir die von $0{,}01^0$ in $^1/_2$ Minute, also in 1 Minute von $0{,}02^0$, ein Wert, der sich auch mit den Befunden in Beobachtung VI decken würde. Wir kommen also nunmehr

zu folgender weiterer Formulierung unserer idealen Berechnung. Zur Unterhaltung der ständigen Rindenprozesse im Wachzustand sind also 7,693 mkg pro Minute erforderlich, von dieser Energiemenge wird ein Betrag in Wärme umgesetzt, welcher gerade ausreicht um den Wärmeverlust von 0,02° pro Minute zu decken. Hierfür würden aber 2,978 mkg pro Minute erforderlich sein, so daß also noch 4,715 mkg pro Minute zur Umsetzung in andere Energieformen, welche eben die eigentlichen Leistungen der Rinde im Wachzustand ermöglichen, verfügbar wären. Unter Berücksichtigung der mannigfaltigen, von der Rinde aus erfolgenden physiologischen Beeinflussungen anderer Zentralgebiete etc., scheint der Betrag keineswegs zu hoch zu sein. Bedenklich könnte nur erscheinen, daß von der Gesamtenergiemenge nur etwa 40% in Wärme und 60% in andere Energieformen umgesetzt werden sollen, da die tatsächlichen Untersuchungen am Muskel einen Umsatz von ca. 60% in Wärme ergeben haben, jedoch können ja für die Rinde die Verhältnisse wesentlich anders liegen und ist ein Vergleich nicht ohne weiteres gestattet.

Wir können nunmehr dazu übergehen, die Energieproduktion zu berechnen versuchen, welche der Zustand des Wachseins an sich in der Großhirnrinde erfordert. Wir tragen dabei den realen Verhältnissen durch Berücksichtigung der Abkühlung und des Umstandes, daß die Wärmeproduktion nur 40% des Gesamtenergieumsatzes darstellt, Rechnung, machen aber dabei die wohl nicht ganz zutreffende Annahme, daß die Energieproduktion, welche zum Wiederingangsetzen der kortikalen Prozesse erforderlich ist, auch zum Fortgang desselben verbraucht wird. Für 16 Stunden, also 960 Minuten, hätten wir dann eine Energieproduktion von 7385,280 mkg. Diese ganz beträchtliche Energiemenge wäre lediglich zum Unterhalt der Rindenarbeit erforderlich, wie sie im Wachzustand geleistet wird. In 8 Stunden des Wachzustandes würde also die Energieproduktion = 3692,640 mkg betragen.

Wenn nun in dieser Zeit geistig gearbeitet wird, so kommt der oben gefundene Energiewert

von	121,808	mkg
zu dem Betrag von	3692,640	„
noch hinzu, so daß	3814,448	mkg

resultieren würden, welche mit der Herzarbeit etc. verglichen werden könnten. Jedoch bedarf auch die früher gefundene Zahl für die Energieproduktion bei 8 Stunden geistiger Arbeit einer wesentlichen Korrektur. Auf den Wärmeverlust ist zwar jetzt bei der Berechnung der Energieproduktion des Wachseins an sich Rücksicht genommen, jedoch bedarf die andere ideale Annahme, daß die Wärmezunahme die Gesamtenergiemenge zur Anschauung bringe, der Verbesserung. Wir fanden, daß die Wärmeproduktion entsprechend den von uns gemachten Annahmen nur 40% betrug, so daß wir noch 60% hinzufügen müßten, um den ganzen Energieumsatz zu finden. Statt 121,808 mkg wären also 304,520 mkg

einzusetzen, so daß der Rindenumsatz bei 8 Stunden geistiger Arbeit sich jetzt auf

3692,640 mkg
304,520 „
3997,160 mkg

stellen würde. Wir können nunmehr mit größerer Berechtigung die schon oben aufgeführten Zahlen zusammenstellen.

Die Rindenvorgänge, bei einer 8stündigen intellektuellen Arbeit unter den oben gemachten Voraussetzungen nur einmal stattfindender Unterbrechung repräsentieren also

einen Energieumsatz von . . . . . 3 997 mkg
die Herzarbeit in 8 Stunden erfordert . . . . 8 000 „
Ein kräftiger Arbeiter leistet in 8 Arbeitsstunden 201 600 „

Es würde somit selbst bei angestrengter intellektueller Arbeit die Leistung des so umfangreichen Großhirns noch nicht die Hälfte von der des kleinen Herzens erreichen.

Für 16 Stunden des Wachseins fanden wir einen Energieumsatz für die Rinde von 7385,280 mkg.

Werden von diesen 16 Stunden 8 Stunden intensiv intellektuell gearbeitet, so finden wir

7385,280 mkg
304,520 „
7689,800 mkg

Wir können somit die Tagesleistung in bezug auf die Energieproduktion in der Hirnrinde an

einem Ruhetag von 16 Stunden 7385,280 mkg
einer solchen mit 8stündiger intellektueller Leistung gegenüberstellen 7689,800 „

Die Differenz würde also 304,520 mkg oder, da 427 mkg = 1 große Kalorie ist[1]), = 0,71 Ka oder rund 0,7 Ka betragen. Dieselben würden bei einem Verbrennungswert des Eiweißes von 4,998 Ka[2]) mit nur 0,14 g Eiweiß bestritten werden können.

Wenn man, wie wir es hier getan, derartigen Folgerungen soweit nachgeht und sich dabei immer mehr von einer, durch die Erfahrungsstatsachen gegebenen, festen Grundlage entfernt, wird man sich immer wieder nach Tatsachen auf Nachbargebieten umsehen, welche bis zu gewissem Maße eine nachträgliche Sicherstellung, eine Art von rückwirkender Versicherung der Resultate gestatten. Ich hatte von diesem Gesichtspunkt aus schon oben darauf hingewiesen, daß sicherlich der Energieverbrauch bei einer intellektuellen Arbeit geringer sei als im epileptischen Anfall und in der Tat ist, außer in den ersten Minuten, der ge-

1) Kohlrausch l. c., S. 587.
2) Vierordt l. c., S. 376.

fundene Wert unterhalb der damit gegebenen oberen Grenze geblieben. Weit wichtiger als diese Kongruenz scheint mir die folgende Probe.

Hirn[1]) hat die Wärmeproduktion eines Ruhetages von 16 Stunden auf 2470,4 Ka berechnet, diese Menge stellt also die Gesamtheit der vom Körper in 16 Stunden der Ruhe produzierten Energiemenge dar. Ich habe für die Rindenarbeit für 16 Stunden des Wachseins ohne stärkere intellektuelle Inanspruchnahme 7385,280 mkg also 17,295 Ka und für dieselbe Zeit der Rindenarbeit mit gleichzeitiger 8stündiger intellektueller Inanspruchnahme 7689,800 mkg also 18,009 Ka oder rund 18 Ka gefunden. Von der Gesamtproduktion des Ruhetages werden diese 18 Ka 0,73 % ausmachen; dagegen würde die ohne intellektuelle Arbeit verbrauchte Kalorienzahl 0,70 % betragen, so daß die Zunahme des Verbrauchs bei 8stündiger intellektueller Inanspruchnahme 0,03 % von dem Gesamtverbrauch betragen würde. Nun wissen wir, daß das Gewicht der Hirnrinde ungefähr 0,436 kg beträgt, bei einem Körpergewicht von 66,2 kg würde das Rindengewicht 0,65 % des Körpergewichtes ausmachen, so daß der Verbrauch von 0,73 % der Gesamtkalorienzahl bei einer annähernd gleichen Verteilung auf die Gesamtmasse nur wenig zu hoch erscheint. Obgleich wir also eine absolut genaue Übereinstimmung der Zahlen bei dieser nachträglichen Berechnung nicht finden konnten, wie dies bei der Verwendung von Näherungswerten, welche allein vorlagen, selbstverständlich sein dürfte, so können wir hieraus doch entnehmen, daß die gefundenen Werte annähernd der Wirklichkeit entsprechen dürften.

Gehen wir nunmehr noch etwas näher auf die gewonnenen Zahlen ein, so hatten wir für 8 Stunden intellektueller Arbeit gegenüber dem einfachen Wachzustand im idealen, den realen Verhältnissen angenäherten Falle ein Mehr von 305 mkg gefunden. Für die Stunde bedeutet dies eine Mehrproduktion an Energie von 38 mkg und für die Minute von 0,51 mkg. Wir könnten uns also rein mechanisch diese Mehrleistung so vorstellen, daß 8 Stunden lang jede Minute ein Gewicht von rund 0,5 kg um 1 m gehoben wird. Da 1 mkg = 98 100 000 Erg., so würde dies eine Minutenleistung von 50 031 000 Erg. bedeuten. Bei den Feststellungen über die absolute Größe der Reizschwelle und Reizhöhe auf den verschiedenen Sinnesgebieten sind meistens Sekundenwerte bestimmt worden und wir berechnen den Sekundenwert für die Mehrleistung bei psychischer Arbeit auf 0,00850 mkg oder 833 650 Erg. Für das Wachsein an sich fanden wir für 8 Stunden einen Wert von 3692,6 mkg, für eine Stunde also 461,58 mkg, für eine Minute 7,69 mkg oder 754 389 000 Erg., für eine Sekunde endlich 0,28 mkg oder 12 573 150 Erg. Wir sehen ohne weiteres ein, daß im Vergleich zu diesen Energiemengen die selbst auf der Reizhöhe durch die Sinnespforten eingeführten Energiemengen auch unter der An-

1) Vierordt l. c., S. 374.

nahme, daß sie 1700fache Vergrößerung durch Auslösungsprozesse erfahren würden, eine Annahme, welche wohl für Schreckreize aber keineswegs für alle Reize gilt, sehr kleine Werte darstellen oder, um mich eines Bildes zu bedienen, nur kleine sekundäre Erhebungen auf der großen primären Welle, welche der stetigen Rindenarbeit entsprechen soll, hervorrufen können. Selbst angestrengte intellektuelle Arbeit vermag nach unseren Berechnungen diese ständige primäre Welle nur um $^1/_{12}$ (genau 8,2 %) zu verstärken. Im Wachzustand finden eben ständig kortikale Prozesse statt und zwar nicht nur solche, welche wir als reine Nervenvorgänge auffassen müssen, sondern auch solche, denen wir die Bezeichnung psychophysischer Vorgänge nicht versagen können. Der Mensch denkt immer fort, wir sind mit dem Fluch oder Segen ständiger geistiger Vorgänge beladen und schon LOCKE sagt, wir müssen denken, wir mögen wollen oder nicht[1]). Es denkt unaufhörlich in uns und die klarbewußtwerdenden Denkprozesse stellen wohl nur den kleinsten Teil dieser psychophysischen Vorgänge dar. Es ist daher kaum verwunderlich, daß die geistige Arbeit, welche nur ein gewisses Mehr dieser ständigen intellektuellen Vorgänge darstellt, auch nur von einer geringen Zunahme der kortikalen Prozesse begleitet ist, wie sie in unseren Berechnungen zum Ausdruck kommt.

Was nun diese Berechnung an sich anbetrifft, welche zunächst unter der Hilfsannahme angestellt wurden; daß die thermischen Prozesse in der Rinde adiabitisch verliefen, d. h. daß die im Gehirn gebildete Wärme nicht auszutreten vermöge, bei denen ferner zunächst von der Verteilung der Abnahme der inneren Energie des Gehirns auf verschiedene Energieformen resp. Leistungen abgesehen wurde, so haben wir bei denselben durch spätere Korrekturen eine allmählige Annäherung an die realen Verhältnisse zu gewinnen versucht. Diese Berechnungen stellen nicht mehr und nicht weniger dar als einen Versuch, einem Postulate LAVOISIERs zu genügen, welches in den Worten enthalten ist, daß die rein geistigen Äußerungen etwas Physisches und Materielles hätten, wodurch sie körperlichen Leistungen vergleichbar würden, so daß die Arbeit des Gelehrten und des Arbeiters mit ein und demselben Maße gemessen werden könnte[1]). Wir haben versucht, den die intellektuelle Arbeit begleitenden kortikalen Umsatz nach mkg pro Stunde, Minute und Sekunde zu bestimmen und somit dieses Postulat LAVOISIERs, so weit es zurzeit möglich erscheint, erfüllt, natürlich kann es sich um nicht mehr als um einen Versuch handeln. Wir sind uns dabei wohl bewußt, daß es uns nicht gelungen ist, trotz allmähliger Annäherung des idealen Falles an den realen, ohne eine Reihe von hypothetischen Annahmen

1) LOCKE, JOHN, Über den menschlichen Verstand, Bd. I, Bd. II, Kap. XXI.
2) OEVR. DE LAVOISIER, Tome II, p. 697. Zitiert nach Speck l. c., S. 190.

auszukommen; ich kann mich aber mit PFLÜGERs Worten trösten[1]), der äußerste: „kein wahrer Naturforscher verkennt, daß in einer den Tatsachen gerecht werdenden Hypothese das wesentliche Motiv des Fortschritts liege".

Aber stehen denn nicht die Ergebnisse unserer Berechnungen über die Zunahme des kortikalen Umsatzes bei intellektueller Arbeit in Widerspruch mit allen Befunden der Stoffwechselversuche, welche keine Zunahme des Umsatzes im Körper bei geistiger Arbeit ergeben haben? SPECK hat im Jahre 1892[2]), in der schon oben erwähnten Schrift im 15. Kapitel das damals vorliegende Material über die Beziehungen der geistigen Tätigkeit zur Atmung und zum Stoffwechsel überhaupt zusammengestellt. Obwohl diese damaligen Ergebnisse heutigen Tages etwas veraltet sein dürften, so glaube ich doch auf dieselben vor der Besprechung der neueren Arbeiten eingehen zu müssen, da diese Zusammenstellungen von autoritativer Seite zum Beweis des negativen Befundes ins Feld geführt wurden. SPECK ist Gegner einer Ansicht, welche ein besonderes Sauerstoffbedürfnis des Gehirns annimmt, und kommt auf Grund seiner Befunde zu dem, in Gegensatz zu denjenigen Autoren, welche seine Ergebnisse verwerten, ziemlich vorsichtigem Schlusse: „die molekularen Vorgänge im Gehirn (welche den geistigen Tätigkeiten zugrunde liegen) sind entweder keine Oxydationsprozesse oder sind so gering, daß sie für unsere Untersuchungsmethoden nicht meßbar sind.

Bahnbrechend waren die Untersuchungen von RUBNER[3]), der die kalorimetrische Methode für derartige Feststellungen einführte und eine bis dahin nicht gekannte Genauigkeit erzielte. Dieselben haben die Gültigkeit des Energieprinzips auch für die belebten Organismen in einwandfreier Weise ergeben und haben die von mancher Seite beliebte Ausrede, daß das Energieprinzip für die leblose Natur gelte und da, wo die belebte Materie in Frage käme, kein Anspruch auf Geltung erheben könne, wie man glauben sollte unmöglich gemacht. Sehen wir uns die Resultate der Versuche genauer an, so differiert die berechnete und gefundene Kalorienzahl der einzelnen Versuche um 0,24—3,15 % (S. 135). Und die uns hier vor allem interessierenden Angaben über die Fehlergrenzen faßt RUBNER in folgenden Worten zusammen: „Im Gesamtdurchschnitt aller Versuche von 45 Tagen sind nach der kalometrischen Methode nur 0,47 % weniger an Wärme gefunden worden als nach der Berechnung der Verbrennungswärme der zersetzten Körper- und Nahrungsstoffe".

Wenn man die Schwierigkeit derartiger Untersuchungen berücksichtigt, kann man mit Recht stolz sein auf diese exakten Ergebnisse, welche nur noch durch die neuerlichen Untersuchungen des leider schon 1907 verstorbenen amerikanischen

1) PFLÜGER, Über die physiologische Verbrennung in den lebenden Organismen. Archiv für Physiol., 1875, Bd. X, S. 251.

2) l. c. S. 181

3) RUBNER, Die Quelle der tierischen Wärme. Zeitschrift für Biologie, 1894, Bd. XII, S. 73.

Forschers ASWATER übertroffen werden[1]). Ebensowenig wie bei den Arbeiten RUBNERs werde ich auf die bei Beurteilung der für derartige Untersuchungen so wichtigen technischen Details eingehen und nur in ganz groben Umrissen das skizzieren, was für uns hier in Frage kommt. Ich führe gleich ATWATERs eigene Worte an, da dieselben das enthalten, was für uns vor allem von Interesse ist:

„Der Berechnung liegt folgende Thoerie zugrunde. Der Körper verwendet eine gewisse Energiemenge zum Unterhalt seiner Lebensfunktionen, das heißt für seine physiologische Arbeit und eine weitere Menge für die übrige zu verrichtende Arbeit. Die letztere ist ganz verschiedener Art und kann, außer dem, was häufiger als „äußere Muskelarbeit" bezeichnet wird, in geistiger Tätigkeit oder Nervenanstrengung bestehen, obwohl wir bis jetzt keinen Anhalt dafür haben, daß derartige Tätigkeit irgend eine beachtenswerte Zunahme der Umsetzungen von Energie oder Stoff bewirkt. Hierauf bezügliche Experimente sind sehr selten. Eine einzige Serie von Experimenten, welche in unserem Laboratorium mit Bezug hierauf veranstaltet wurde, zeigt keinen größeren Stoffwechsel bei angestrengter geistiger Arbeit als bei der größtmöglichsten Ruhe. In diesen Experimenten verbrachte die Versuchsperson, ein Physiker, 12 aufeinanderfolgende Tage in dem Respirationsraume. Von diesen waren 9 Tage in drei aufeinanderfolgende Perioden von je 3 Tagen eingeteilt, die übrigen 3 Tage wurden für eine Vorbereitungs- und eine Ergänzungsperiode verwandt. Die erste der Versuchsperioden war ernster geistiger Arbeit gewidmet, die zweite möglichster Ruhe und die dritte schwerer Muskelarbeit. Die geistige Arbeit bestand in der Berechnung von Resultaten der Experimente und in dem Studium einer deutschen Abhandlung über Physik während 8 Stunden des Tages. Was die Menge und Intensität der Arbeit betrifft, so würde solche kaum von einer Person erreicht werden, welche nicht durch lange Übung tüchtiges geistiges Arbeiten gewohnt wäre. Trotzdem hatte letzteres keinen merkbaren Einfluß auf den Energie- und Stoffwechsel, denn die Ergebnisse dieser Periode stimmten in allen wesentlichen Einzelheiten mit denen derjenigen Periode überein, in welcher der betreffende der Ruhe pflegte." Also auch bei den sehr genauen und in jeder Weise einwandfreien Untersuchungen ATWATERS, welche die Geltung des Energieprinzips mit einer bis dahin nicht gekannten Genauigkeit für den menschlichen Organismus ergeben haben, sehen wir keine wesentliche Steigerung des Körperumsatzes bei achtstündiger geistiger Arbeit. Es kommt eben darauf an, was in derartig komplizierten Versuchen noch merklich ist und was man als eine wesentliche Steigerung bezeichnen kann. Wir müssen natürlich auch hier auf die Fehlergrenzen, welche bei diesen Untersuchungen sich durch eine Gegenüberstellung der gefundenen und berechneten Werte ergeben haben, eingehen. ATWATER fand z. B. einen

1) ATWATER, Neue Versuche über Stoff- und Kraftwechsel im menschlichen Körper. Deutsche Bearbeitung von Friedländer und Ascher. Ergebnisse der Physiologie 1904, I. Abt., S. 497.

Umsatz von 2246 Kalorien bei Ruhe und von 3745 Kalorien im Experiment mit körperlicher Arbeit. Die täglichen Unterschiede zwischen der berechneten Aufnahme und Abgabe von Energie betragen bei Verwendung von Durchschnittszahlen

im Ruheexperiment 9—40 Kalorien oder
0,4—1,7 % des Gesamtumsatzes,

im Arbeitsexperiment, das eigentlich für unsere Zwecke weniger in Frage kommt, da es sich um Muskelarbeit handelt

0—36 Kalorien, also 0—0,9 %.

Natürlich sind solche Fehlergrenzen, wie im Ruheexperiment von 0,4—1,7 % unvermeidlich und sind auffallend kleine, und man kann ATWATER nur zustimmen, wenn er ausführt: „Ist das Gesetz von der Erhaltung der Energie für den lebenden Organismus gültig, so müßte folgerichtig die Netto-Einnahme und -Ausgabe der Energie ganz gleich sein. In solchen physiologischen Versuchen jedoch, wie den hier vorliegenden, wäre es eine ungerechtfertigte Zumutung, zu verlangen, daß die Ziffern pro Tag eines gegebenen Versuches oder pro Gesamtheit eines Versuchs genau übereinstimmen sollten, selbst wenn die Messungen mit dem Respirations- und Bombenkalorimeter ganz genau wären." (S. 616.) Wir brauchen weiter auf die sehr exakte Arbeit ATWATERs, die noch manche interessante Details, namentlich auch sorgfältige, zu einem ablehnenden Resultat gelangende Erwägungen, ob irgendeine Form kinetischer, den Körper verlassender Energie den Messungen entgangen sein könnte, nicht einzugehen. Sicherlich ist das Gesetz von der Erhaltung der Energie auch für den menschlichen Organismus so genau erwiesen, wie es eben nur möglich ist, die Fehlergrenzen sind aber immer noch viel zu große, als daß diese Experimente beweisen könnten, daß die geistige Arbeit überhaupt keinen Einfluß auf den Energieumsatz im Körper habe, wie gerade aus diesen Versuchen von mancher Seite gefolgert wurde. Ein so exakter Forscher wie ATWATER ist auch viel vorsichtiger in der Formulierung seiner Ergebnisse, er spricht von keiner „beachtenswerten" Zunahme und keinem „merkbaren" Einfluß auf den Energieumsatz bei geistiger Arbeit. Die von uns berechnete ideale Zunahme des Umsatzes bei achtstündiger geistiger Arbeit gegenüber dem einfachen Wachzustand betrug 0,7 Ka oder 0,03 % des für uns damals für 16 Stunden zusammengestellten gesamten Energieumsatzes; für den Umsatz in 24 Stunden würde das prozentuale Verhältnis noch geringer werden, jedoch haben wir absichtlich von einer Hineinziehung der Schlafperiode wegen unserer vollständigen Unkenntnis des kortikalen Umsatzes in dieser Zeit abgesehen. Wie oben angegeben, war die Fehlergrenze in den Ruheexperimenten, welche ja allein für einen Vergleich mit den Experimenten mit achtstündiger intellektueller Arbeit herangezogen werden konnten, für den Tag 9—40 Kalorien oder 0,4—1,7 % des Gesamtumsatzes, unsere Zunahme von 0,7 ka oder 0,03 % des 16stündigen Um-

satzes liegt weit unter der unteren Grenze des in Prozent angegebenen täglichen Fehlers. Wir ersehen daraus, daß die Ergebnisse der Stoffwechselversuche, auch wenn wir die exaktesten Untersuchungen, welche zurzeit vorliegen, berücksichtigen, unseren obigen Berechnungen keineswegs widersprechen, sondern im besten Einklang mit unseren Ergebnissen stehen und uns in der Annahme, daß wir in der Tat doch wenigstens Näherungswerte vor uns haben, nur bestärken.

Wir können nun zu dem letzten Teil unserer Besprechungen, zur Frage nach der Verteilung der bei den Prozessen in der Rinde freiwerdenden Energie übergehen. Wir fanden bei achtstündiger intellektueller Arbeit ein Mehr von 305 mkg, von denen nach unserer Annahme 40 % als Wärme und 60 % auf andere Energieformen verteilt in Erscheinung traten. Wir berechneten aus der Temperaturzunahme einen Wert von 122 mkg, der also als Wärme sich zeigte, der Aufschlag von 183 mkg wäre demnach auf die anderen Energieformen zu verteilen. Der eigentliche Energievorrat, aus dem alle diese Umwandlungen bestritten werden, ist die chemische Energie des Gehirns; nach den üblichen Anschauungen wird bei den Zerfallprozessen in der lebendigen Substanz, bei den Dissimilationsvorgängen, Energie frei, welche also nach unserer Annahme zu 40 % in Wärme verwandelt zutage tritt. Die übrigen 60 % müssen also auf andere Energieformen verteilt werden; wir wissen, daß auch die kortikalen Prozesse, wie von FLEISCHL, sowie BECK und CYBULSKI [1]) und andere zuerst an den Sinnessphären der Großhirnrinde nachgewiesen haben, ebenso wie die Vorgänge am peripheren Nerven, von elektrischen Erscheinungen begleitet sind. Wir könnten also einen Teil dieser 60 % als in elektrische Energie verwandelt annehmen; obwohl über die Intensität der sogenannten Rindenströme sichere Messungen nicht vorliegen, so könnte es sich aber wohl nur um Vorgänge von geringer Intensität handeln, die nur einen Bruchteil der 60 % aufzehren würden. Nach FICK [2]) dürfen aber beim Muskel die elektrischen Nebenwirkungen nicht von den thermischen Wirkungen ausgeschieden werden, „da ja beim elektrischen Strom allemal die gesamte Arbeit, welche seine Erhaltung kostet, schließlich Wärme erzeugt". Wir werden daher für das Gehirn das gleiche annehmen müssen und dürfen somit unter den anderen Energieformen die elektrische Energie nicht aufführen. Dagegen wissen wir, daß auch die intellektuelle Arbeit mit einer ganzen Reihe von

---

1) FLEISCHL, Mitteilung betreffend die Physiologie der Hirnrinde. Zentralbl. f. Physiol. 1890, 6. Dez.

BECK, Die Bestimmung der Lokalisation der Gehirn- und Rückenmarksfunktionen vermittelst der elektrischen Erscheinungen. Zentralbl. f. Physiol. 1890, Nr. 16.

BECK und CYBULSKI, Weitere Untersuchungen über die elektrischen Erscheinungen in der Hirnrinde der Affen und Hunde. Zentralbl. f. Physiol., Bd. VI, S. 90, 1892.

TRIWUS, Die Aktionsströme in der Hirnrinde unter dem Einflusse von peripherischen Reizen. Ref. Neurolog. Zentralbl. 1900, S. 991.

2) FICK, Myothermische Untersuchungen. Wiesbaden 1889, S. 104.

peripheren Veränderungen am Muskelapparat einhergeht, von denen ich nur die als Begleiterscheinungen der Aufmerksamkeit bekannten Veränderungen in der Innervation der Gesichtsmuskulatur, in der Einstellung der Augen etc. nennen will. Also für begleitende, rein nervöse Vorgänge, Innervationsveränderungen etc. wird der Anstoß von der Hirnrinde ausgehen müssen und da, um ein klassisches Wort ROBERT MAYERs zu verwenden, aus Nichts Nichts wird, so werden auch diese rein nervösen Vorgänge einen vielleicht gar nicht unerheblichen Bruchteil von den 60 % verbrauchen. Wir würden damit aber im wesentlichen die Energieformen aufgezählt haben, welche nach unseren derzeitigen Kenntnissen von den Vorgängen im Zentralnervensystem in Frage kommen, ihre Verteilung auf die Gesamtenergie können wir nicht angeben, ebenso wie die Annahme, daß 40 % in Wärme verwandelt werde, eine vorläufige, aus anderen Ergebnissen nahegelegte Hypothese darstellt.

Im Wachzustand werden von der in 16 Stunden verbrauchten Energiemenge von 7385 mkg nach unserer Annahme ebenfalls 40 % in Wärme umgesetzt, während die restierenden 60 % der Hauptsache nach wohl auf reine Nervenprozesse, Vorgänge, welche von der Rinde aus reguliert werden und deren gewaltigen Umfang man eben am besten im Beginn der Narkose, wo die Rinde künstlich außer Funktion gesetzt ist, erkennen kann, in Anschlag zu bringen sind. Der von mir gebrauchte Ausdruck Nervenprozesse ist zu vieldeutig, als daß derselbe ohne weiteres in diesem Zusammenhange verständlich erscheinen könnte, ich werde also etwas näher darauf eingehen müssen, um festzulegen, was ich darunter verstanden wissen möchte. Bei den Dissimilationsvorgängen im Nervengewebe wird also ein gewisser Teil der freiwerdenden Energie in Wärme und elektrische Vorgänge umgesetzt und ein anderer Bruchteil dient erstens zur Fortpflanzung einer, uns in ihrer Natur unbekannten, Erregungswelle. Natürlich handelt es sich aber auch dabei um physikalisch-chemische Vorgänge, die man unter dem nicht ganz glücklichen Namen der Nervenenergie zusammengefaßt hat ein Name, der keineswegs aussagen soll, daß hierbei eine uns unbekannte, den anderen Energieformen gleichzusetzende Energieart in Erscheinung träte. Zweitens setzt aber der Dissimilationsprozeß in dem erregten Gewebe auch bleibende Veränderungen, die vielleicht am einfachsten als mechanische Leistungen verstanden werden können und dem entsprechen, was wir als die Residuen des früheren Erregungszustandes zu bezeichnen pflegen. Beide Vorgänge, das Aussenden einer Erregungswelle und das Zurückbleiben dauernder Veränderungen, habe ich bei den oben angestellten Betrachtungen unter dem vieldeutigen Namen der Nervenprozesse verstanden.

Schon im Wachzustand treten zu diesen rein nervösen Vorgängen eine große Reihe solcher hinzu, die wir als psychophysiologische bezeichnen und die nach der üblichen Annahme des als Arbeitshypothese zunächst ganz gut zu ver-

wendenden, psychophysischen Parallelismus vor den sonstigen Dissimilationsvorgängen in der Rinde dadurch ausgezeichnet sind, daß sie einen psychischen Parallelprozeß besitzen. Dieser psychische Parallelprozeß steht nach der herrschenden Anschauung in keinen kausalen Beziehungen zu den materiellen Vorgängen in der Rinde. Obwohl im Wachzustand diese psychophysiologischen Prozesse fortdauernd stattfinden, so sind sie wohl gegenüber den rein nervösen Vorgängen in der Rinde, worunter wir diejenigen Vorgänge ohne solche psychischen Parallelerscheinungen bezeichnen wollen, in der Minderzahl vorhanden, erfahren aber wohl bei intellektueller Arbeit eine Zunahme, vielleicht auch ein gewisses Übergewicht über die rein nervösen Prozesse.

So bequem nun als vorläufige Annahme das Parallelprinzip erscheint, um so unbefriedigender und erkünstelter erscheint wohl jedem diese Anschauung, wenn man sich mehr in das Studium der psychophysiologischen Erscheinungen vertieft. Namentlich das Studium der hypnotischen Erscheinungen weist auf die Unzulänglichkeit dieser Annahme am in die Augen springendsten hin. Ich brauche hier gar nicht auf ältere Erfahrungen zurückzugehen und kann nur auf den eben von HELLER und SCHULZ[1]) mitgeteilten Fall, bei dem in Hypnose einem 19jährigen Zimmergesellen durch Auflegung eines Markstückes auf den Handrücken mit der gleichzeitigen Suggestion, daß dasselbe glühend sei, eine mehrere Tage bestehende, regelrechte Brandblase, welche unter Narbenbildung heilte, erzeugt wurde. Derartige Fälle, von denen ich noch zahlreiche anführen könnte, erfordern eine äußerst erkünstelte Erklärung vom Standpunkte des Parallelismus, alle Schwierigkeiten schwinden aber mit einem Schlage, wenn wir die psychischen Erscheinungen in die materielle Reihe eingreifen lassen und auch theoretisch das anerkennen, was wir praktisch schon längst tun, daß ideas are forces, wie JAMES[2]) sagt. Wir kehren damit zu der allen naiven Anschauungen und auch in letzter Linie unserem ganzen Denken zugrunde liegenden Annahme einer Wechselwirkung, einer psychophysischen Kausalität, zurück. Der einzige Grund, welcher diese nächstliegende und gegebene Annahme bei konsequenter Durchführung in wissenschaftlichen Kreisen und hier wieder vor allen Dingen im Kreise der naturwissenschaftlichen Forscher unannehmbar gemacht hat, ist ja der, daß sie in der gewöhnlichen Form gegen das Energieprinzip verstößt, daß wir voll und ganz auch für den belebten Organismus und auch für den Menschen anerkennen müssen. Alle Versuche, sich dieser Forderung zu entziehen, erinnern zu sehr an sophistische Darlegungen und an scholastische Dialektik. Beide, die Wechselwirkung und das Energieprinzip, sind gegebene Tatsachen, zeigen wir

1) HELLER und SCHULTZ, Über einen Fall hypnotisch erzeugter Blasenbilduug. Münch. med. Wochenschr. 1909, S. 2112.

2) JAMES. The principles of Psychology. London 1901, Bd. I, p. 137.

ihnen die Ehrfurcht, welche den Tatsachen im Gegensatz zu den Hypothesen gebührt und ziehen nun aus beiden die notwendige Konsequenz. Tun wir das, was LIEBMANN[1]) so klar mit den Worten fordert: „Gebietet Schweigen allen Gemütsbedürfnissen und Herzensneigungen, allen egoistischen und ethischen Unsterblichkeitswünschen, der gemeinen Todesfurcht, dem Bedürfnis der Wiedervereinigung mit geliebten Verstorbenen, der Sehnsucht nach unendlicher moralischer Vervollkommnung und wie die pia desideria alle heißen mögen! Laßt sie sämtlich verstummen und öffnet euer Ohr allein der ‚unerbittlichen Vernunft, euer Auge allein dem unbestreitbaren Faktum.“ Wechselwirkung und Energieprinzip sind einwandfrei nur zu vereinen, wenn auch die psychischen Vorgänge einen gewissen Energiewert repräsentieren und in ihnen äquivalente Energieformen umgesetzt werden können. Schon KÜLPE[2]) hat auf diese Annahme hingewiesen, die er folgendermaßen auseinandersetzt: „Man braucht bloß anzunehmen, daß eine Äquivalenz zwischen den geistigen und den materiellen Prozessen besteht. Es würde dann das Energiequantum, das auf jener Seite verloren gehen müßte, damit ein entsprechendes Quantum geistiger Energie entstehen könnte, durch den abermaligen Umsatz der letzteren in eine neue materielle Energieform wieder eingebracht werden können. Es bliebe sich danach ganz gleich, ob ein Quantum geistiger Energie sich in den Ablauf der materiellen Prozesse einschöbe oder nicht: das Gesetz von der Erhaltung der Energie in seiner bisherigen Auffassung würde nicht verletzt werden.“ Auch STUMPF[3]) hat auf die Möglichkeit einer derartigen Auffassung hingewiesen mit den Worten: „Und so läßt sich, wie ich meine, das Psychische ganz wohl als eine Anhäufung von Energien eigener Art ansehen, die ihr genaues mechanisches Äquivalent hätten“. LASSWITZ[4]) hat eine besondere psychophysische Energie angenommen und, wie ich glaube, nicht gerade glücklich zu zeigen versucht, wie die einzelnen aus der Energetik bekannten Energiefaktoren auf psychologische Erscheinungen anzuwenden wären. Auch V. GROT[5]) versuchte den Begriff der psychischen Energie in die Psychologie einzuführen, von seinen allgemeinen Sätzen scheint mir hier vor allem der zweite wichtig, derselbe lautet: „Im menschlichen Organismus vollzieht sich eine beständige Transformation der physchischen Energien in psychische und umgekehrt, d. h. ein beständiger Austausch derselben gegen einander“. Spezieller führt er diese Annahme in dem sehr umfangreichen Aufsatz noch so aus: „Die psychische Energie entwickelt sich auf Kosten der Energien des Organismus und der Umgebung und vermindert

1) LIEBMANN, Zur Analysis der Wirklichkeit. Straßburg 1900, S. 525.

2) KÜLPE, Einleitung in die Philisophie. Leipzig 1895, S. 150.

3) STUMPF, Leib und Seele. München 1896, S. 24.

4) KURT LASSWITZ, Über psychophysische Energie und ihre Faktoren. Archiv f. systematische Philosophie, 1895, Bd. I, S. 46.

5) NICOLAS VON GROT, Die Begriffe der Seele und der psychischen Energie in der Psychologie. Archiv für systematische Philosophie, 1898, Bd. IV, S. 257.

die übrigen Energien des Organismus" und weiter: „Das Verschwinden der psychischen Werte, d. h. das Unterbrechen der psychischen Arbeit bedeutet wohl einen Übergang der psychischen Energie in irgendeine materielle Form". MÜNSTESBERG[1]), der diese energetische Auffassung psychischer Vorgänge keineswegs teilt, schreibt aber doch: „Jedenfalls ist als empirisch nichts Prinzipielles gegen den Gedanken einzuwenden, daß auch die seelischen Energien Umsetzungsformen der kinetischen Energie seien". Mit aller Entschiedenheit ist auch der bekannte dänische Psychologe ALFRED LEHMANN für die Annahme einer psychischen Energie eingetreten[2]). Er bezeichnet als P = Energie diejenige, im Zentralorgan entwickelte Energie, an welche eine psychische Erscheinung unmittelbar gebunden ist. Diese Energieform entsteht neben vielen anderen Energieformen bei der Arbeit des Gehirns, sie ist eine Energieform sui generis. Die hypothetische P-Energie muß:

a) physische Eigenschaften besitzen (sich als physische Energie messen lassen) und

b) dem Gesetz von der Erhaltung der Energie unterworfen sein.

Wenn P-Energie entsteht, muß also ein äquivalentes Quantum anderer Energiearten verschwinden; die P-Energie entsteht durch Transformation und kann wieder in physische Energie umgesetzt werden. Nicht bei jeder Energietransformation im Gehirn kommt es zur Entstehung von P-Energie. „Die Annahme, daß das Psychische nur an eine bestimmte Energieform gebunden ist, scheint daher weder von seiten der Physik noch von seiten der Metaphysik Einsprüche antreffen zu können, da jeder wohlbegründete metaphysische Standpunkt sich dieselbe zunutze führen kann." „Die Entwicklung der P-Energie im Gehirn ist auch als ein für die Arbeit des Gehirns notwendiges Moment zu betrachten. Die P-Energie ist gerade das, was einen beseelten Organismus von einem unbeseelten unterscheidet." „Da die P-Energie als physische Energie selbst zu den physischen Kausalreihen gehört, ist es unmittelbar einleuchtend, daß sich dieses Glied nicht entfernt denken läßt, ohne daß das Dasein als Totalität sich veränderte."

Ich habe diese Anschauungen LEHMANNS wörtlich aufgeführt, weil sie mir als die zusagendsten erscheinen; Einwände, die ich an anderer Stelle gegen einzelne seiner Annahmen erhoben habe und die ich auch heute noch aufrecht erhalte, beziehen sich nur auf gewisse Nebenumstände, so vor allem auf die Annahme, daß diese P-Energie im Gehirn herumfließen könne, während die klinischen Tatsachen für eine lokale Entstehung und lokale Rückverwandlung in andere Energieformen sprechen. Am bekanntesten dürfte wohl die OSTWALDsche Vertretung des Gedankens einer psychischen Energie geworden sein[3]). Er nimmt,

1) MÜNSTERBERG, Grundzüge der Psychologie. Leipzig 1900, Bd. I, S. 409.

2) A. LEHMANN, Die physischen Äquivalente der Bewußtseinserscheinungen. Leipzig 1901, S. 312 ff.

3) OSTWALD, Vorlesungen über Naturphilosophie 1902, S. 377 ff.

ebenso wie LEHMANN, eine eigene Energieform an, welche aus der chemischen Energie des Gehirns entsteht. Dieselbe stellt nach ihm die höchste und seltenste Energieart dar und entsteht nur in besonders entwickelten Organen. Die Erfahrung widersetzt sich in keiner Weise dem Gedanken, daß besondere Energiearten auch besondere Verhältnisse brauchen, um zu entstehen und daß vorhandene Mengen derselben auch wieder durch Umwandlung in andere Formen vollständig verschwinden können. In einer anderen Arbeit[1]) betont er, daß die Energetik den Begriff der Materie aufgelöst und entbehrlich gemacht habe; für die Anwendung des Begriffes der Energie im allgemeinen wird nach ihm weiter nichts gefordert, als daß der fragliche Wert eine meßbare Größe ist, die dem Erhaltungs- und Umwandlungsgesetz unterliegt. In Hinblick auf die uns hier speziell interessierende Frage führt OSTWALD aus: „Zwischen geistigen Vorgängen und mechanischen würde ungefähr derselbe Unterschied und dieselbe Ähnlichkeit bestehen, wie zwischen elektrischen und chemischen Vorgängen." In einer Entgegnung auf gewisse, auch meiner Ansicht nach zuweit gehende Anschauungen OSTWALDs führte der bekannte Physiker BOLTZMANN aus[2]): „Nur wenn der Nachweis geliefert worden wäre, daß bei Entwicklung psychischer Energie wirklich jedesmal eine genau äquivalente (gleichwertige) Menge physikalischer Energie verschwindet, d. h. daß die psychische Energie in einem solchen Maße gemessen werden kann, daß die entwickelte psychische Energie jedesmal der verschwundenen physikalischen genau gleich ist, hätte man das Recht von psychischer Energie zu sprechen." BOLTZMANN ist Gegner der OSTWALDschen Ansichten, hebt aber hervor, daß man, wenn man mit unseren sonstigen Anschauungen unvereinbaren Konsequenzen entgehen wolle, mindestens annehmen müsse, daß nur ein gewisser Teil der physikalischen Energie des Gehirns sich in die vollkommen neue Energieform umwandle und sich immer wieder rasch in rein physikalische Energien zurückverwandle, beides Annahmen, welche LEHMANN vertritt. In seinem bekannten Buche bespricht auch BUSSE[3]) die energetische Auffassung psychischer Vorgänge der er im übrigen nicht beipflichtet; er führt über dieselbe aus: „Das Seelische als eine Art von Energie aufzufassen, ist mit dem Energieprinzip wohl vereinbar, es ist auch der aussichtsvollste unter allen Versuchen, die psychophysische Wechselwirkung mit dem Prinzip der Konstanz der Energie zu vereinigen." Wir hören also auch immer wieder, selbst von den Gegnern dieser Auffassung, daß sie deren Berechtigung anerkennen müssen. In einer vorzüglichen, zusammenfassenden Arbeit über die modernen Theorien über das allgemeine Verhältnis von Leib und Seele geht auch KLEIN[4]) auf die energetische Auffassung psychischer Er-

1) OSTWALD, Die Energie. Leipzig 1908, S. 143 ff.
2) BOLTZMANN, Populäre Schriften. Leipzig 1905, S. 365 ff.
3) BUSSE, Geist und Körper, Seele und Leib. Leipzig 1903. S. 425.
4) KLEIN, Die modernen Theorien über das allgemeine Verhältnis von Leib und Seele. Breslau 1906.

scheinungen ein. Er hebt hervor, „daß Kulturgeschichte und Biologie unbedingt das Psychische als wirkenden Faktor anerkennen müssen und zwar als einen mit dem Psychischen in Wechselbeziehung stehenden Faktor". Das Psychische gehört in irgendeiner Weise in die Kausalreihe des physischen Geschehens hinein. Die Annahme, das Psychische sei eine Energieform, ist eine durchaus zulässige Annahme und gestattet eine vollkommen einheitliche Weltauffassung, obwohl auch gegen sie manche Einwände vorgebracht werden können (S. 92).

Ich könnte damit die kurze Übersicht der wichtigsten, über die Frage der psychischen Energie vorliegenden Literatur schließen, ich will aber noch auf einige neuere Aufsätze eingehen, da sie ihre Argumente gegen die energetische Auffassung aus den Befunden RUBNERs und ATWATERs entnehmen zu können glauben. BECHER [1]) anerkennt durchaus die große Bedeutung der Untersuchungen dieser Forscher und hebt hervor, „daß das Energieerhaltungsgesetz für beseelte Organismen so bewiesen sei, wie überhaupt eine naturwissenschaftliche Tatsache bewiesen werden kann". Er glaubt aber diese Ergebnisse gegen die Annahme einer psychischen Energie verwerten zu können, wie aus seinen Worten, daß durch die kalorimetrischen Untersuchungen nicht die Konstanz einer etwaigen Summe psychischer und physischer Energien, sondern die Erhaltung der physischen Energien erwiesen sei, klar hervorgeht. Daß dies vollständig unzulässig ist bei der Annahme einer physischen Äquivalenz der psychischen Energie und der Rückverwandlung derselben in andere bekannte physikalische Energieformen liegt auf der Hand. Und selbst wenn dies nicht der Fall wäre, eine Annahme, der ich keineswegs das Wort reden möchte, so würde auch ein so geringer Energieverlust, wie er bei der Transformation in psychische Energie zu erwarten wäre, ohne entsprechende Rückverwandlung bei den doch immerhin noch beträchtlichen Fehlergrenzen, wie aus unsern obigen Ausführungen hervorging, nicht bemerkt werden. Wenn aber ein gewisser Bruchteil der vom Organismus verbrauchten Energiemenge in psychische Energie transformiert und diese psychische Energie ständig in Wärme, in mechanische Veränderungen der zentralen Bahnen und Zentren, vielleicht auch in periphere Innervationsänderungen zurückverwandelt wird, so muß natürlich eine Gleichheit der Aufnahmen und Abgaben an physischer Energie in einem als ideal angenommenen Falle resultieren. Und ich kann keineswegs BECHERs Ansicht teilen, daß die Erhaltung der physischen Energie daher nur mit Hilfe unwahrscheinlicher Hypothesen in Einklang mit der Annahme einer psychischen Energie gebracht werden könne (S. 107). Auch MÜLLER [2]) teilt die Ansicht, daß die Versuche RUBNERs und ATWATERs die

1) BECHER, Das Gesetz von der Erhaltung der Energie und die Annahme einer Wechselwirkung zwischen Leib und Seele. Zeitschrift für Psychologie, 1908, Bd. XLVI, S. 81.

2) A. MÜLLER, Über psychophysische Wechselwirkung und das Energieprinzip. Zeitschrift für Psychologie, 1908, Bd. XLVII, S. 115.

Annahme einer psychischen Energie unmöglich gemacht haben und seine Argumente sind gleich zu bewerten wie diejenigen von BECHER. In einem späteren Aufsatze wird BECHER [1]) wesentlich vorsichtiger und hebt hervor, daß es nur ein winziger Bruchteil der ganzen Leibesmasse sei, der in direkter Beziehung zu dem geistigen Geschehen stehe und fügt im Hinblick auf das Ergebnis der Experimente von RUBNER und ATWATER hinzu: „so verschwindet im Energieaustausch des ganzen Organismus dieses kleine Plus (oder Minus) auch bei den exaktesten Experimenten". Diese Worte dürften den unvermeidlichen Fehlergrenzen in den Arbeiten RUBNERs und ATWATERs viel eher Rechnung tragen und vor einer Überschätzung der dort gewonnenen Ergebnisse in dieser Richtung warnen. Man kann keinesfalls aus den Untersuchungen ATWATERs die mangelnde Berechtigung der Annahme einer psychischen Energie ableiten; Aufnahme und Abgabe an Energie könnten genau übereinstimmen und selbst dies würde keineswegs gegen eine psychische Energieform sprechen. Von allen Seiten wird betont, und darauf weisen ja auch alle Erfahrungen hin, diese psychische Energie muß ein Äquivalent in anderen Energieformen besitzen und sich in andere Energiearten zurückverwandeln können. Was man eventuell bei einer Fortführung der ATWATERschen Experimente auch bei kalometrischen Messungen wird aufzeigen können, wird der Umstand sein, daß eben doch bei geistiger Arbeit der Gesamtumsatz des Körpers eine kleine Steigerung (von 0,03 % haben wir berechnet) erfährt, aber dies hat mit der Frage der psychischen Energie gar nichts zu tun. Wir wollen jetzt diese Erörterungen abschließen und sehen, wie sich mit der Hypothese der P-Energie unsere Ergebnisse in Einklang bringen lassen.

Die in der Rinde stattfindenden, mit psychischen Erscheinungen verbundenen Nervenprozesse haben wir schon oben, um sie von den anderen Nervenvorgängen in der Rinde zu sondern, als psychophysiologische bezeichnet. Diese psychophysiologischen Vorgänge finden im Wachzustand zweifellos ständig statt. Vom allgemein physiologischen Standpunkt kann man die Vorgänge in der lebenden Substanz und so auch in der Hirnrinde nach den zwei Phasen des Stoffwechsels in Dissimilationsprozesse und Assimilationsprozesse scheiden, wie dies HERING zuerst getan hat. Es läßt sich zeigen, daß die psychischen Vorgänge mit der Dissimilationsphase verknüpft sind, wie ich schon an anderen Stellen hervorgehoben habe [2]). Wir wissen nämlich, daß der elektrische Strom auf Elektrolyte, und zu denen gehören die Gewebe des menschlichen Körpers, so einwirkt, daß ein Zerfall herbeigeführt wird. Im Anschluß an Gehirnoperationen hat man öfter bei den wachen Patienten den elektrischen Strom auf die bloßliegende Rinde einwirken lassen, eben liegt wieder eine Mitteilung vor über derartige Reizversuche, wie sie von

1) BECHER, Energieerhaltung und psychologische Wechselwirkung. Zeitschrift für Psychol. etc., 1908, Bd. XLVIII, S. 406.

2) l. c., Teil II, S. 203.

einem englischen Untersucher an der hinteren Zentralwindung des Menschen in zwei Fällen angestellt worden war[1]). Die Reizung ergab ganz präzise Tastempfindungen in den Fingern der gegenüberliegenden Hand; der Reizwirkung, dem Zerfall, der Dissimilationsphase, entspricht die Tastempfindung. Daß die Dissimilationsprozesse imstande sind, eine Fortpflanzung der Erregung im Nervensystem zu bedingen, hat VERWORN zeigen können[1]), er hat aber auch festgestellt, daß nur Dissimilationsprozesse und nicht die Assimilationsvorgänge eine Erregungswelle aussenden, uud sich so auf den sich darbietenden Nervenbahnen fortpflanzen können. Beiläufig bemerkt, wäre damit die HERINGsche Farbentheorie unhaltbar gemacht, denn dieselbe nimmt an, daß auch der Assimilationsphase gewisse Farbenempfindungen entsprechen, es müßte also nach dieser Thorie auch von den Assimilationsvorgängen in der Netzhaut gewisse Nachrichten an die Sehsphäre gelangen, was der VERWORNschen Feststellung über die ausschließliche Fortpflanzung der dissimilatorischen Erregung wiedersprechen würde.

Die psychophysiologischen Vorgänge sind also gewisse Dissimilationsvorgänge in der Hirnrinde. Die beim Zerfall komplizierterer chemischer Verbindungen frei werdende Energie wird entsprechend unseren obigen Ausführungen in Wärme, in elektrische Vorgänge und, wie wir es damals kurz bezeichneten, in Nervenprozesse, die einmal eine bleibende Abänderung des erregten Gebietes und eine gewisse Fortleitung der Erregung bedingen, umgesetzt. Wenn wir uns des kürzeren Namens der Nervenenergie bedienen, so wo wird Wärme, elektrische Energie und Nervenenergie bei diesen Dissimilationsprozessen frei. Entsprechend der äußerlich erörterten Hypothese über P-Energie müßte neben den anderen Energieformen auch diese entstehen. Es würde also beim Zerfall aus der chemischen Energie Wärme, elektrische Energie, Nervenenergie und endlich auch P-Energie resultieren. Eben durch das Auftreten von P-Energie würden sich die psychophysiologischen Rindenvorgänge von den anderen nicht mit Bewußtseinserscheinungen verbundenen unterscheiden. Diese P-Energie würde dann wieder in andere Energieformen zurückverwandelt und am nächsten läge die Annahme des späteren Übergangs in einfache Nervenenergie, die zu den dauernden von den psychophysiologischen Vorgängen zurückbleibenden Veränderungen der Bahnen und Zentren der Rinde führt und anderseits zu einer ständigen Miterregung anderer Rindengebiete z. B. der motorischen Region, wie sie sich in den feinen, die intellektuellen Vorgänge begleitenden unbewußten Muskelbewegungen, wie sie von PREYER nachgewiesen wurden, zu erkennen gibt. Natürlich kann auch die Rückverwandlung in Wärme nicht ausgeschlossen werden, jedoch scheint

1) CUSHING, A note upon the Faradic Stimulation of the Postcentral Gyrus in Conscious Patients. Brain 1909, p. 4.

2) VERWORN, Die Vorgänge in den Elementen des Nervensystems. Referat erstattet auf dem XV. int. med. Kongress. Lissabon April 1906.

mir die Verwandlung in Nervenenergie, die in dieser Weise dem erregten Gebiet dauernd zugute kommt, das Wahrscheinlichste. Doch kommen wir zurück zu unseren Ergebnissen, im Wachzustand findet also nach unserer Annahme eine stetige Transformation eines Teiles der bei den Dissimilationsprozessen frei werdenden Energie, in P-Energie statt. Bei der intellektuellen Arbeit werden diese Dissimilationsprozesse zu einer größeren Intensität und vielleicht auch Ausdehnung gelangen. Können wir nun aus unseren Berechnungen über den kortikalen Umsatz bei intellektueller Arbeit auch nur ungefähr die von allen geforderte Äquivalentzahl für die P-Energie entnehmen? Wir können diese Frage unbedenklich mit Nein beantworten. Von dem Mehrverbrauch von 0,51 mkg oder von 50031000 Erg. pro Minute und 40% als Wärme zu rechnen, die übrigen 60% enthalten neben dem Betrag für reine Nervenprozesse auch den Teilbetrag, welcher in P-Energie transformiert wird. Vorläufig sehe ich auch kein Mittel, hier zunächst auch nur durch bestimmte Annahmen, die sich vielleicht nachträglich prüfen ließen, weiter zu kommen. Wir haben keinen Anhaltspunkt dafür, in welchem Verhältnis die unter Zugrundelegung einer Reihe von Hilfsannahmen berechnete Energiemenge von 0,306 mkg oder 30018600 Erg. pro Minute sich auf Nervenprozesse und P-Energie verteilt, wir wissen auch gar nicht, ob nicht noch weitere Energieformen bei der Verteilung zu berücksichtigen sind. Und doch können wir das Eine sagen, in dieser Gesamtsumme muß der Betrag, welcher in P-Energie transformiert wird, mit enthalten sein, so daß wir wenigstens eine obere Grenze gewonnen haben. Wir gelangen also zu der Annahme, daß die pro Minute bei angestrengter intellektueller Arbeit in psychische Energie transformierte Energiemenge kleiner sein müsse als **0,306 mkg oder 30018600 Erg.** Für die Sekunde würde die transformierte Energiemenge kleiner sein müssen als **0,005 mkg oder 500310 Erg.** und damit wäre doch eine gewisse Grenzbestimmung gewonnen. Wir sind am Ende unserer Ausführungen angelangt, die wohl manchem recht hypothetisch erscheinen werden, die aber immer wieder versuchten, mit den gegebenen Tatsachen sich abzufinden. Die weitere Forschung wird ja lehren, wie weit die vorläufigen Annahmen berechtigt waren oder nicht, und vielleicht gelingt es uns so allmählig, der von uns allen allein gesuchten Wahrheit näher zu kommen.

Druck von Anton Kämpfe in Jena.

WELLCOME LIBRARY INSTITUTE